



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA DRŽÁKU VÁLCE TECHNOLOGIÍ PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ

MANUFACTURING OF CYLINDER HOLDER BY FINEBLANKING TECHNOLOGY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MILOSLAV PITERKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN ŘIHÁČEK

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Miloslav Piterka

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba držáku válce technologií přesného střihání

v anglickém jazyce:

Manufacturing of cylinder holder by fineblanking technology

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh výroby součásti z ocelového plechu. Zadaná součást bude vyráběna technologií přesného střihání. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární rešerše i výpočty potřebné pro návrh a kontrolu nástroje.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce bude vypracování aktuální literární rešerše se zaměřením na technologii přesného střihání, zhodnocení možností výroby. Následovat bude návrh vhodné technologie a provedení technologických a kontrolních výpočtů. Dále bude navržen nástroje společně s vyhotovením výkresů vybraných dílů, technicko-ekonomické zhodnocení, závěry a doporučení.

Seznam odborné literatury:

1. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
2. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York : Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.
4. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
5. VYSKOČIL, Oldřich a Pavel BARTOŠ. Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání. 1. vyd. Brno: Zbrojovka Brno, 1977. 88 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Řiháček

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 13.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

PITERKA Miloslav: Výroba držáku válce technologií přesného stříhání.

Práce se zabývá návrhem výroby držáku válce, vyrobeného z korozivzdorné oceli 17 240. Výrobek má tloušťku 6 mm a stanovená série činí 200 000 ks za rok. Po analýze výrobních technologií byla pro výrobu součásti zvolena technologie přesného stříhání s tlačnou hranou a pro tu vypracována literární studie. Následně byly zhodnoceny technologické a kontrolních parametry součásti. Bylo zvoleno jednořadé uspořádání na pás plechu a zvolen polotovar plechové tabule pro výrobu s rozměry (8 x 1 000 x 2 000) mm. Byl proveden návrh střížného nástroje a pro výrobu zvolen hydraulický lis Feintool HFA 8800plus. Nakonec byla vyhodnocena ekonomičnost výroby přesného stříhání s tlačnou hranou pomocí analýzy bodu zvratu.

Klíčová slova: Ocel 17 240, tváření, přesné stříhání, podložka pod válec, trojčinný hydraulický lis

ABSTRACT

PITERKA Miloslav: Manufacturing of cylinder holder by fineblanking technology.

The thesis is focused on production of a cylinder holder, which has been made from stainless steel 17 240. The product is 6 mm thick and there are 200 000 pieces produced per a year. After analysis of manufacturing technology there has been selected fine-blanking technology with v-ring for production of these components. For this reason there has been developed a study. Then there have been evaluated the technological and control parameters of the components. There has been selected the single row arrangement on the sheet of tin and chosen a stock of blank metal sheet for manufacturing with strict measurements (8 x 1 000 x 2 000) mm. There has been made the suggestion of design of a cutting tool. Hydraulic press Feintool HFA 8800plus has been selected for the final production. Eventually there has been evaluated the economics of production of fine-blanking with v-ring due to break even point.

Keywords: ČSN 17 240 Steel, forming, fine-blanking, spacer cylinder base, triple-action hydraulic press

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PITERKA, Miloslav. *Výroba držáku válce technologií přesného stříhání*. Brno, 2015. 45 s, 7 výkresů, 7 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Jan Řiháček.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 29.5.2015

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu doc. Ing. Lidmilovi a Ing. Řiháčkovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Také děkuji mé rodině, která mě při studiu podporuje a mamince Ingrid za poskytnutí finančních prostředků pro uskutečnění tohoto studia.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD.....	- 9 -
1 ROZBOR ZADÁNÍ.....	- 10 -
1.1 Varianty výroby.....	- 11 -
1.2 Metody přesného stříhání.....	- 14 -
2 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ S TLAČNOU HRANOU.....	- 16 -
2.1 Tlačná hrana.....	- 17 -
2.2 Střížná vůle.....	- 18 -
2.3 Síly a práce.....	- 20 -
2.4 Konstrukce nástrojů.....	- 21 -
2.4.1 Střížník.....	- 22 -
2.4.2 Střížnice.....	- 23 -
2.4.3 Materiály střížných nástrojů.....	- 24 -
2.5 Používané stroje.....	- 25 -
2.6 Technologičnost.....	- 26 -
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY.....	- 27 -
3.1 Tlačná hrana.....	- 28 -
3.2 Střížná vůle.....	- 29 -
3.3 Střížná síla a práce.....	- 29 -
3.4 Velikost můstku a odpadu.....	- 30 -
3.5 Využití materiálu.....	- 31 -
3.5 Rozměry střížníku a střížnice.....	- 33 -
3.6 Kontrola střížníku na vzpěr.....	- 36 -
3.7 Kontrola pevnosti střížníku.....	- 37 -
3.8 Kontrola střížníku na otlačení.....	- 37 -
3.9 Výška střížnice.....	- 38 -
3.10 Výpočet tlačných a vyrážecích kolíků.....	- 38 -
3.11 Princip střížného nástroje.....	- 39 -
3.12 Volba lisu.....	- 41 -
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	- 42 -
4.1 Technické zhodnocení.....	- 42 -
4.2 Ekonomické zhodnocení.....	- 42 -
5 ZÁVĚRY.....	- 45 -
Seznam použitých zdrojů	
Seznam symbolů a zkratek	
Seznam obrázků	
Seznam příloh a výkresů	

ÚVOD [7], [20], [45]

Dnes je ve světě používáno velké množství technologií na zpracování materiálu a polotovarů. Mezi tyto metody krom jiných patří různorodé technologie tváření. Ty lze rozdělit na dvě základní skupiny. Tváření plošné využívané ke zpracování plechů a tváření objemové při kterém se přeskupuje celý, nebo část objemu materiálu v součásti.

Tvářecí technologie jsou nepostradatelné při nutnosti rychlé výroby a velké produkci výrobků. Použití různých metod tváření je zásadní pro docílení požadovaných jakostí povrchů, chemického složení, mechanických vlastností a mnoha dalších. V dnešní době je tváření využíváno v různorodých oblastech průmyslu převážně strojírenském, elektrotechnickém, chemickém.

Během tvářecích pochodů se využívá vnějších sil, které jsou vyvolány tvářecími nástroji, tím dojde ke změně tvarů a rozměrů tvářeného materiálu. Všechny tyto procesy musí probíhat v plastickém stavu materiálu, tedy nad mezí kluzu, aby došlo k trvalé deformaci. Některé tvářecí technologie probíhají i nad mezí pevnosti jako stříhání. Tvářecí technologie zajišťují v mnoha případech minimální odpadovost materiálu a trend dnešní doby míří k tomu, aby co nejvíce možných výrobků bylo zpracováváno těmito technologiemi. Příklady produktů vyrobených tvářecí technologií, a to technologií přesného stříhání je možné vidět na obr.1.

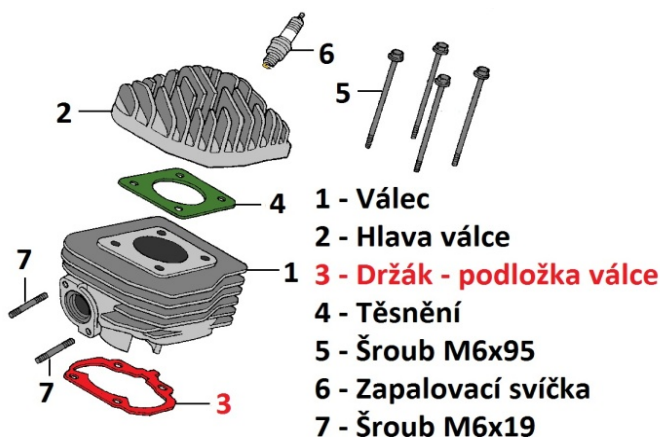


Obr. 1 Příklady produktů přesného stříhání [4], [17], [19], [29]

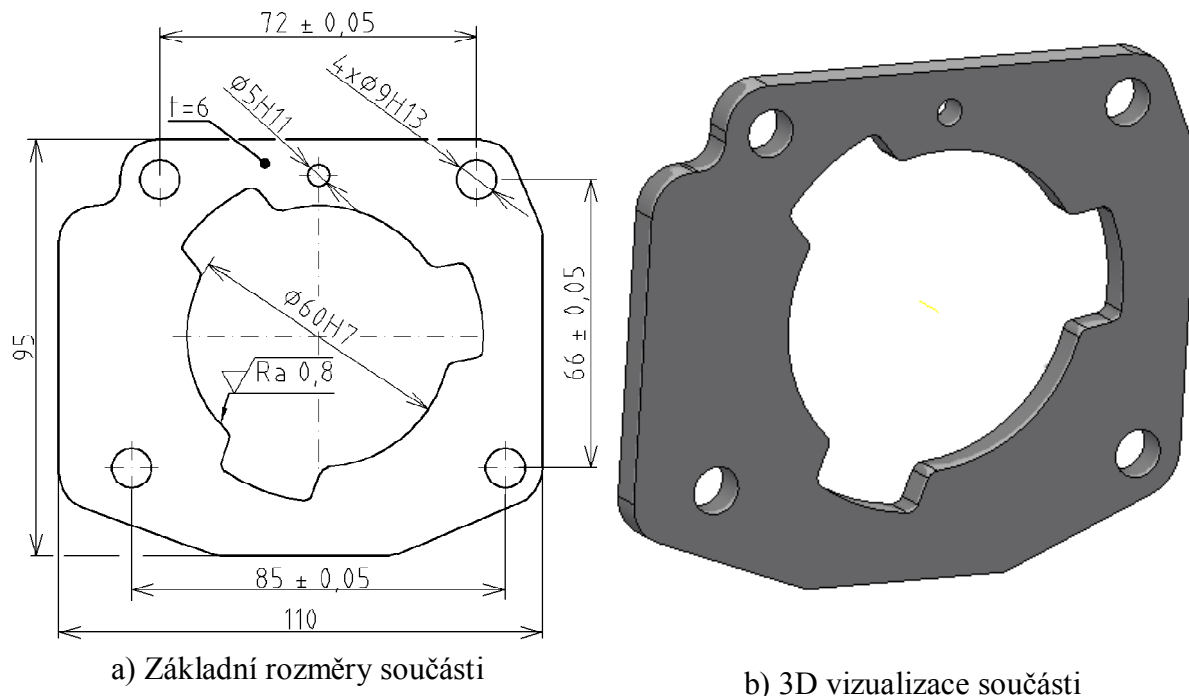
1 ROZBOR ZADÁNÍ [10], [18], [22], [34]

Součást, jenž bude vyráběna, je držák - podložka pod válec užívaný pro jednostopá vozidla. Součásti tohoto typu se vyskytují v mnoha tvarech a verzích. Její použití je určeno k tuningu jako další těsnění pod válec, které rozšíří zdvih válce a tím je možné použít klikovou hřídel s delší ojnicí. Tímto se zvýší výkon motocyklu. Uvažovaná sériovost činí $n_s = 200\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$. Umístění držáku v sestavě motoru je na obr. 2. Celkový výkres zadané součásti se nachází ve výkresové dokumentaci.

Součást je tvarově středně náročná. Její tvar je téměř čtvercový. Obsahuje jeden tvarový otvor pro píst a přepustné kanálky, čtyři otvory pro šrouby s tolerovanou roztečí a jeden otvor pro středící kolík. Vzhled výrobku ve 3D je zpracovaný programem Autodesk Inventor Profesional 2014 (obr.3b), společně s jejími základními rozměry vytvořené programem AutoCAD 2014 (obr.3a). Dále obsahuje součást několik rozměrů se stupněm přesnosti IT 7. Tato přesnost je využívána v přesném i všeobecném strojírenství a pro některé tvářecí metody není problém jí docílit. Vnitřní otvor pro píst a otvor pro středící kolík mají předepsanou jakost povrchu $Ra = 0,8\mu\text{m}$. Povrch součásti slouží jako dosedací plocha, tudíž musí splňovat rovinnost, neboť musí po seskládání plnit i funkci těsnění.



Obr. 2 Sestava motoru s držákem [30]



a) Základní rozměry součásti

b) 3D vizualizace součásti

Obr. 3 Vyráběná součást

Výrobek bude vystaven vnější atmosféře a také agresivnímu prostředí uvnitř válce. Proto je u něj žádoucí vysoká korozivzdornost a dobré pevnostní vlastnosti. Z těchto důvodů bude na jeho výrobu volen materiál ČSN 17 240. Ekvivalenty značení tohoto materiálu jsou uvedeny v Tab.1.

Tab.1 Ekvivalenty označení oceli 17 240 dle ČSN [28]

Číslo materiálu	Německo (DIN)	Evropské značení (EN)	Japonsko (JIS)	Amerika (AISI)
1.4301	X 5 CrNi 18-10	X 5 CrNi 18-10	SUS304	304

Z chemického hlediska je ocel chrom-niklová austenitická, žáruvzdorná, nemagnetická a nekalitelná. Podrobné chemické složení oceli je v Tab.2.

Tab.2 Chemické složení oceli 17 240 dle ČSN v % [2]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
≤ 0,08	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 0,045	≤ 0,030	18,0 - 20,0	8,00 - 10,5

Ocel má dobrou tažnost a pevnost v tahu okolo $R_m = 600$ MPa. Je použitelná pro teploty do 400°C ale má sklon ke zpevňování za studena při operacích jako je tažení. Další mechanické vlastnosti tohoto materiálu jsou v Tab. 3.

Tab.3 Mechanické vlastnosti oceli 17 240 dle ČSN [25], [43]

Vlastnost	Jednotka	Hodnota
Pevnost v tahu R_m	MPa	540 - 680
Mez kluzu $R_p 0,2$	MPa	195
Tažnost $A_{80 \min}$	%	45
Tvrdost podle Vickerse	HV	160 - 200
Hustota ρ_m	$\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$	7900
Modul pružnosti v tahu E	MPa	$2 \cdot 10^5$

1.1 Varianty výroby [8], [15], [16], [31], [33], [36], [37], [39], [44]

Z hlediska variant výroby součásti budou uvažovány metody plošného tváření zastudena a několik nekonvenčních metod dělení materiálu koncentrovanými zdroji energie. Při posuzování jednotlivých variant se musí brát v potaz časová náročnost jednotlivých metod společně s velkou sériovostí výroby. Velký důraz bude kladen na kvalitu dělené plochy a rovinnost výrobku.

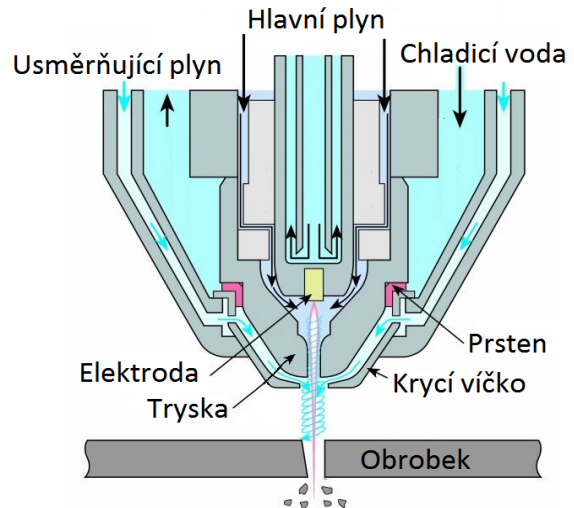
- Plasma - při řezání plasmou je materiál postupně odtavován a rozprašován paprskem, který má vysokou kinetickou energii. Plasma je elektricky vodivý stav plynu s vysokou teplotou (až 30 000 °C). Plasmový hořák pro řezání korozivzdorných ocelí je na obr.4. Plocha řezu je rozměrově přesná, ale kvalita povrchu je spíše nízká. Navíc vzhledem k vysoké teplotě během opracování dochází k tepelnému ovlivnění vrstvy materiálu v místech řezu asi do hloubky 1 mm.

Výhody řezání plasmou jsou:

- + možnost řezání všech elektricky vodivých materiálů
- + vysoká řezná rychlost
- + přesnost rozměrů
- + nižší náklady při řezání tenkých plechů oproti laseru
- + CNC řízení

Nevýhody řezání plasmou jsou:

- velké náklady na provoz
- velké pracovní plochy (řezné plochy 3000x1500 mm a větší)
- tepelné ovlivnění místa řezu
- široká řezná spára 1,3 až 8 mm



Obr. 4 Plasmový hořák [47]

- LASER - (Liht Amplification by Stimulated Emission of Radiation) je vybuzené světelné záření, které je pomocí optických zařízení fokusováno do úzkého svazku fotonů.

Nejčastěji se používá pro řezání ocelových plechů tzv. "sublimační řezání". Materiál je roztaven paprskem na vysokou teplotu tak, aby začalo docházet k odpařování materiálu a následně je asistenčním plynem odfukován z řezu. Asistenční plyny navíc zabraňují oxidaci v místě řezu.

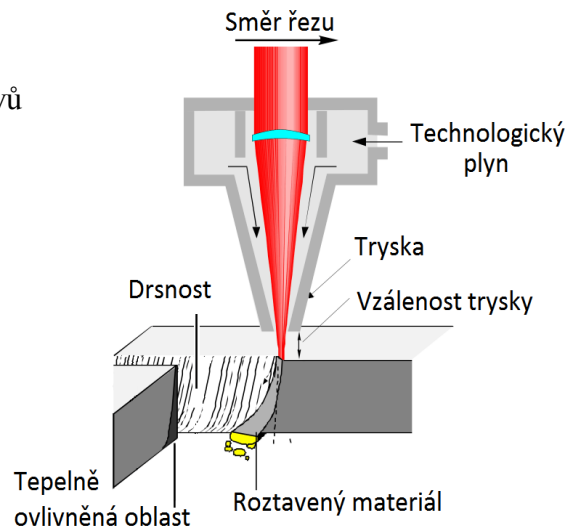
Možnosti užití laseru jsou závislé převážně na dodávaném výkonu, asistenčních plynech a aktivním prostředí (typu emitování světelných paprsků). Díky tomu je možné laser používat na technologie zpracování jako dělení, pájení, svařování nebo tepelné zpracování. Proces řezání laserem je na obr.5.

Výhody řezání laserem jsou:

- + vhodný pro zpracování všech typů kovů
- + vysoká řezná rychlost pro tloušťky menší jak 4 mm
- + přesnost rozměrů
- + tvorba otvorů od 0,1 mm
- + řezná spára 0,15 až 0,5 mm
- + CNC řízení

Nevýhody řezání laserem jsou:

- pořizovací a provozní náklady
- velké pracovní plochy (řezné plochy 3000 x 1500 mm a větší)
- tepelné ovlivnění místa řezu
- nebezpečí popálení, poškození zraku, ostrých hran



Obr. 5 Materiál řezaný laserovým paprskem [37]

- Vodní paprsek - technologie využívá k oddělování materiálu kinetickou energii vysokotlakého vodního paprsku v kombinaci s abrazivem. K řezání dochází vlivem vysokorychlostního erozivního procesu. Do materiálu vnikají s vodním paprskem abrazivní částice a postupně dochází k obrušování materiálu v místě řezu.

Kvalita řezu je ovlivněna tlakem vody, průměrem trysky (0,75 až 2,50 mm), druhem abraziva a mnoha dalšími faktory. Je možné řezat všechny technické materiály od kovů, plastu, dřeva až po pěnové materiály, ovšem vždy dojde ke kontaktu s vodou s čímž se musí počítat. Vnitřní stavba hlavy pro řezání vodním paprskem je na obr.6.

Výhody řezání vodním paprskem jsou:

- + bez tepelného ovlivnění v místě řezu
- + možnost řezat všechny materiály
- + přesnost rozměrů
- + bez mikrotrhlin v okolí řezu
- + ekologicky šetrné
- + vysoká životnost trysek

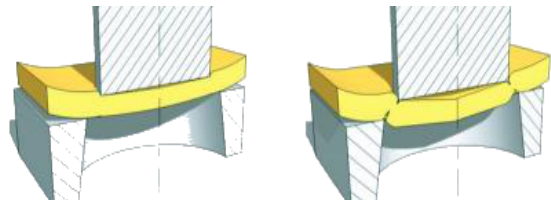
Nevýhody řezání vodním paprskem jsou:

- nejlepší struktura povrchu $Ra = 3,2 \mu m$
- nevyhnutelný kontakt s vodou (koroze některých materiálů)
- znečištění některých materiálů
- velké pracovní plochy (3000 x 2500 mm)



Obr. 6 Hlava pro řezání vodním paprskem [4]

- Postupové stříhání - je jedno z nejrozšířenějších operací dělení materiálu při zpracovávání plechu. K dělení dochází díky smykovému napětí, které je vytvořené protilehlými řeznými hranami. Při procesu vniká střížník do střížnice tak jak je vidět na obr.7. Technologie je vhodná pro velkou produkci, tepelně neovlivňuje střížnou oblast, ovšem lze stříhat pouze v rozmezí přesnosti rozměrů IT12 až IT 14. Také jakost povrchu je nízká, dosahuje pouze $Ra = 6,3$ až $3,2 \mu m$ a střížná plocha není geometricky přesná.



Obr. 7 Průběh stříhu [10]

- Přesné stříhání - je technologie plošného tváření plechu za studena, která nám zajišťuje u stříhané součásti kvalitní, hladký střížný povrch bez trhlin a docílení vysoké rozměrové přesnosti. Tato přesnost se u různých variant této technologie pohybuje v rozmezí IT6 až IT 9. Technologie je vhodné použít pro velké série, jelikož náklady na střížné nástroje jsou vyšší jak u postupového stříhání. Metodami přesného stříhání lze dosáhnout jakosti povrchu až $Ra = 0,8 \mu m$. Porovnání, jak moc se liší střížná plocha přesně stříhané součásti a součásti stříhané postupovým stříháním je na obr.8.

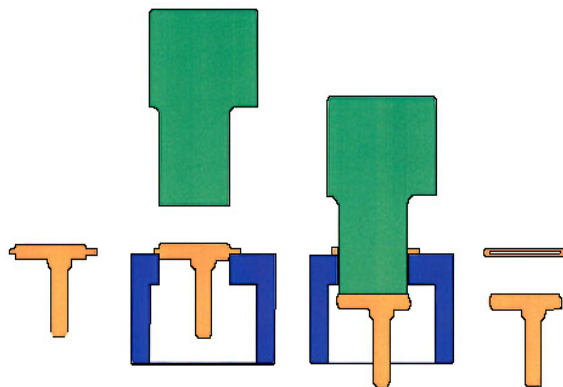


Obr. 8 Porovnání kvality střížné plochy [11]

1.2 Metody přesného stříhání [6], [8], [13], [23], [38]

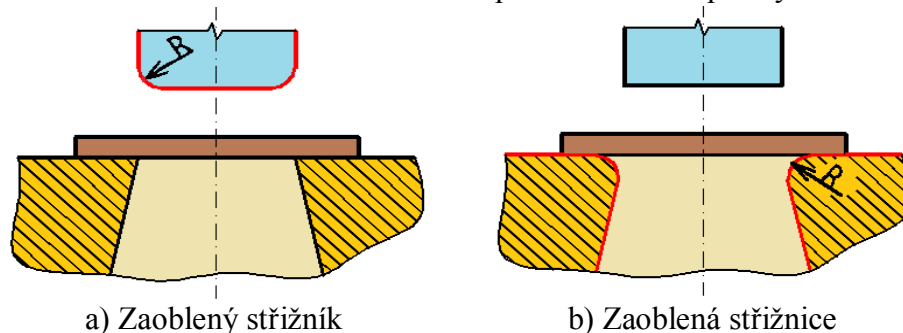
Dle výše zmíněných výhod a nevýhod jednotlivých technologií se metody přesného stříhání zdají jako nejlepší volba. Všechny metody přesného stříhání jsou schopny zajistit mnohem lepší kvalitu povrchu a přesnost rozměrů v rámci IT6 až IT 9. V některých případech jsou ovšem vhodné jen jako dokončovací operace po předchozím zpracování výrobku.

- Přistříhování - princip této metody spočívá v oddělování malého množství kovu ze střížné plochy. Jde o dodatečné opracování kdy je cílem dosáhnout větší přesnosti a kvality střížné plochy bez mikrotrhlin a vnitřních pnutí. Může být prováděno jak po uzavřené, tak po otevřené křivce stříhu. Tato technologie se nehodí pro velkosériovou výrobu. Proces přistříhování je možné vidět na obr.9.



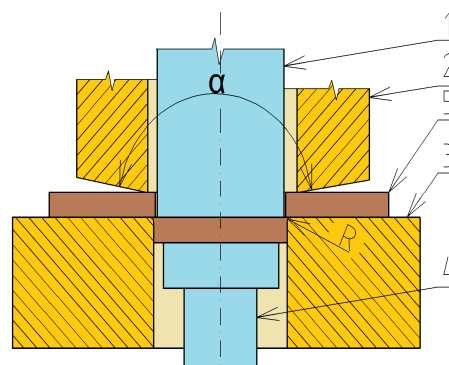
Obr. 9 Princip přistříhování [46]

- Stříhání se zaoblenou střížnou hranou - tato technologie je vhodná pro stříhání měkkých ocelí a jiných tvárných kovových materiálů. Zaoblením střížné hrany je dosaženo hladké střížné plochy a zabráněno vzniku střížné trhliny ve stříhaném materiálu. Při děrování je zaoblená střížná hrana střížníku Obr.10a, při vystříhování je zaoblená střížná hrana střížnice Obr.10b. Tato metoda opět není vhodná pro vyráběnou součást.



Obr. 10 Zaoblení funkčních hran [8]

- Stříhání se zkoseným přidržovačem - tato metoda je poměrně málo používaná. Spočívá ve vytvoření dvojsoého stavu napjatosti při stříhání. Princip stříhání touto metodou je na obr.11 (1 - střížník, 2 - přidržovač, 3 - střížnice, 4 - vyhazovač, 5 - stříhaný materiál). Velikost úhlu přidržovače bývá $\alpha_p = 178^\circ 30'$ a poloměr zaoblení na střížné hraně $R \leq 0,01 \text{ mm}$. Touto metodou je zajištěna dobrá kvalita povrchu a rovinnost střížné plochy. Ovšem dochází k velmi rychlému opotřebení přidržovače, což není žádoucí u velkých sérií.



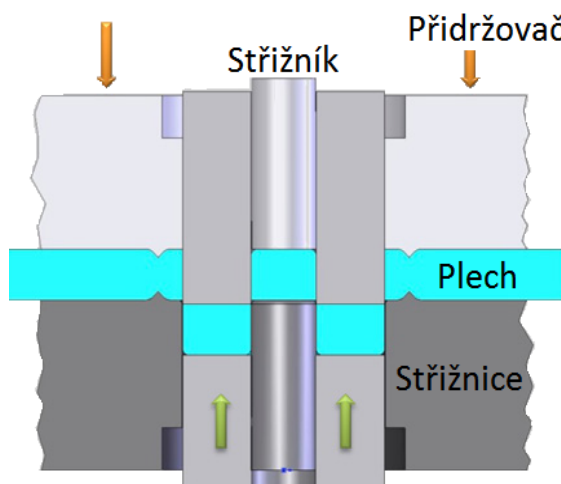
Obr. 11 Schéma stříhání se zkoseným přidržovačem [8]

- Přesné stříhání s tlačnou hranou - principem této metody přesného stříhání je, že předtím než je materiál ustřižen, pevně je sevřen mezi přidržovač a střižnicí tak, aby došlo k vtlačení tlačné hrany do plechu mimo křivku stříhu. Tlačná hrana vytvoří ve střižné rovině trojosou tlakovou napjatost. Proces stříhání touto technologií je vidět na obr.12. Výstřížek je zhotoven vždy na jeden zdvih lisu.

Metoda je užívána pro své přednosti v dodržení rovinnosti výstřížku, hladké střižné plochy bez ořepů, kolmosti střižné plochy nebo docílení vysoké přesnosti stříhaných rozměrů a to v rozmezí tolerančních stupňů IT6 až IT9. Tento druh stříhání je také vhodný při velkosériové výrobě a v mnoha případech se volí tam, kde by bylo nutné po jiné technologii zařazovat další dokončovací operace, jako odstraňování zmíněných ořepů, rovnání nebo broušení funkčních ploch. Drsnost povrchu na střižné ploše se může pohybovat v rozmezí $Ra = 0,8$ až $1,6 \mu m$ a touto metodou je možné stříhat plechy do tloušťky až 10 mm.

Technologie přesného stříhání s tlačnou hranou má ovšem také své nevýhody. Mezi největší patří vysoká pořizovací cena stroje a docílení výrobních tolerancí střižníků a střižnic. Z hlediska stojí je v téměř vždy nutné použití trojčinných lisů, abychom mohli ovládat pohyb střižníku, přidržovače a vyhazovače v dokonalém souladu a tím bylo docíleno požadované jakosti výstřížku. Dále také není možné vystříhnout ostré rohy a musí být volena větší šířka pásu plechu i větší můstky než u postupového stříhání, čímž vzrůstají náklady na spotřebovaný materiál.

Jako nevhodnější varianta výroby součástí, dle výše popsaných technologií, se jeví metoda přesného stříhání s tlačnou hranou. Tato technologie zajistí požadované tolerance součástí, rovinnost a kolmost střižné plochy, požadovanou drsnost povrchu a nezpůsobí tepelné ovlivnění na ploše stříhu. Tato metoda je výhodná i z hlediska vysoké sériovosti. Tloušťka zpracovávaného plechu $t = 6$ mm pro tuto metodu také není žádným problémem. Díky těmto výhodám je na technologii přesného stříhání s tlačnou hranou zaměřena i rešeršní část práce.

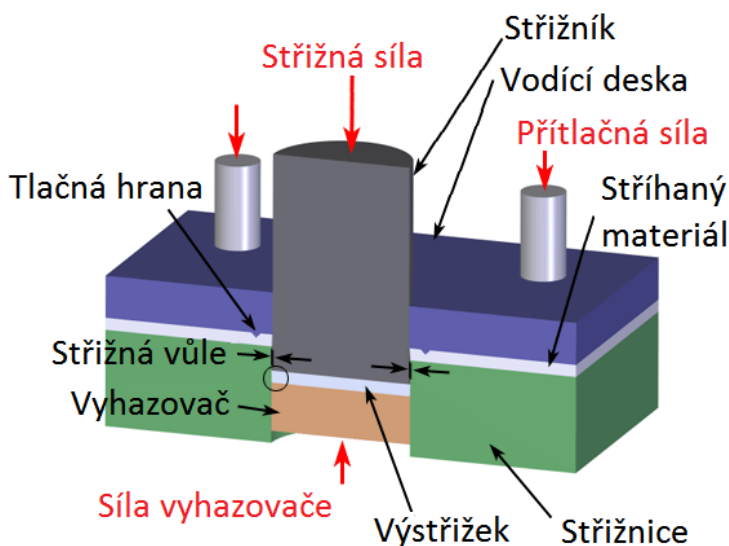


Obr. 12 Proces přesného stříhání s tlačnou hranou [17]

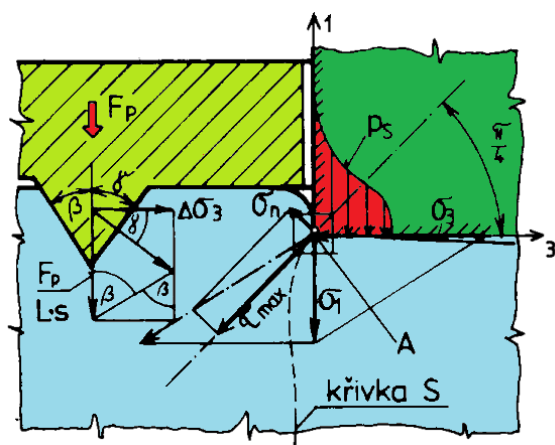
2 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ S TLAČNOU HRANOU [12], [13], [23], [26]

Technologie přesného stříhání s tlačnou hranou patří mezi nejdokonalejší způsoby plošného tváření za studena. Užívá se při potřebě získat kvalitní střížné plochy s přesnými rozměry bez nutnosti součást dále opracovávat. Základním rozdílem oproti klasickému stříhání jsou až desetkrát menší střížné vůle a zabránění toku materiálu pomocí tlačné hrany. Schéma procesu stříhání s tlačnou hranou je na obr.13. Plech je před samotným vystřížením sevřen mezi přítlačnou desku a střížnici pomocí přítlačné síly. Výstřížek je vyhazovačem tlačem na plochu střížníku, aby byla zaručena rovinnost výstřížku a zamezeno jakémukoli ohybu nebo prohnutí plechu.

Princip této metody spočívá ve vytvoření všestranné tlakové napjatosti v oblasti křivky stříhu. Toho se dosáhne užitím tlačné hrany, která vytvoří přídavné tlakové napětí $\Delta\sigma_3$. Poměry v rovinné napjatosti uzavřeného stříhu se tímto změní a dojde ke změně hodnoty normálové složky σ_n z kladné na zápornou.

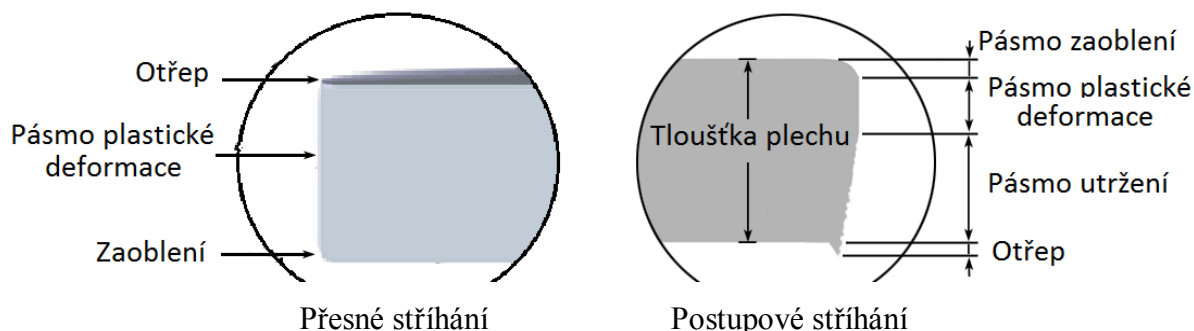


Obr. 13 Schéma přesného stříhání s tlačnou hranou [38]



Obr. 14 Schéma napjatostí [12]

Grafické zobrazení těchto napjatostí je na obr.14. Díky této složce se v celé tloušťce materiálu tvoří plastický stříh, během kterého jsou uzavírány vznikající trhlinky. Tímto se docílí kvalitní střížné plochy. Stříh probíhá na určitém místě a ne tam, kde se vlivem nepříznivé napjatosti materiál sám odděluje, jako je tomu například u postupového stříhání. Místo obvyklého pásma plastického stříhu 0,1 až 0,4 tloušťky materiálu se pásmo rozšíří na celou tloušťku zpracovávaného plechu. Znázornění rozdílu pásma plastické deformace a kolmosti při přesném a postupovém stříhání je vidět na obr.15



Obr. 15 Pásmo plastické deformace [38]

2.1 Tlačná hrana [8], [12], [13], [26], [41]

Umísťuje se podél křivky stříhu a její parametry jsou závislé na mnoha vlivech, které budou popsány níže. Obvykle je konstruována podél křivky stříhu, ale není to vždy pravidlem. Tlačná hrana je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujícím tuto technologii. Zajišťuje zamezení průtoku materiálu během stříhu a tím výrazně zlepšuje kvalitu povrchu střížné plochy. Jakost povrchu se v tomto případě může pohybovat v rozmezí $R_a = 0,4$ až $1,6 \mu\text{m}$. Kvalita povrchu se ovšem rychle zhoršuje s nevhodně zvoleným postraním odpadem, můstkem nebo s nevhodně zvoleným protitlakem. Rozdíl v kvalitě při použití přidržovače s tlačnou hranou a bez ní je na obr.16.

Tlačná hrana se umísťuje pouze na přidržovač tehdy, pokud je tloušťka materiálu do $t = 4 \text{ mm}$. Při tloušťkách, kdy je $t \geq 4 \text{ mm}$ je zpravidla umísťuje jak na přidržovač, tak na střížnici. Rozměry tlačné hrany vychází z tloušťky a vlastností zpracovávaného materiálu. Tvar tlačných hran se vyskytuje ve dvojím provedení. Pro materiály, které mají velkou tvárnost se užívá první typ viz obr.17a. Při konstrukci tohoto typu tlačné hrany potom platí, že vzdálenost špičky tlačné hrany od plochy přítlačné desky "h" společně s výškou "h₁" zobrazenou na obr.17, je dána vztahem:

$$h = \frac{1}{3} \cdot t \text{ [mm]} \quad (2.1)$$

kde: t - výchozí tloušťka materiálů [mm].

$$h_1 = h + 0,05 \text{ [mm]} \quad (2.2)$$

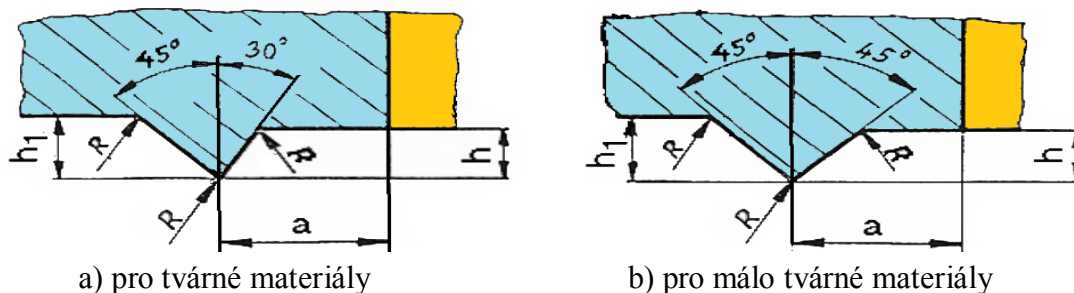
Vzdálenost špičky tlačné hrany od střížné křivky se potom vypočítá dle vztahu :

$$a = (0,6 \text{ až } 1,2) \cdot h \text{ [mm]} \quad (2.3)$$

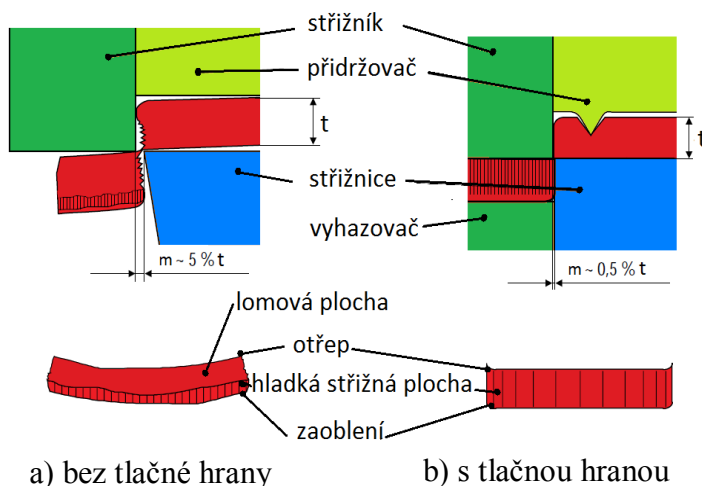
Pro málo tvárné materiály se užívá druhý typ tlačných hran (obr.17b). Tento typ má jiný vztah pro výpočet vzdálenosti špičky tlačné hrany od plochy přítlačné desky a to :

$$h = \frac{1}{6} \cdot t \text{ [mm]} \quad (2.4)$$

Zaoblení tlačné hrany R [mm] je určováno podle tloušťky plechu za pomoci směrnic pro přesné stříhání.

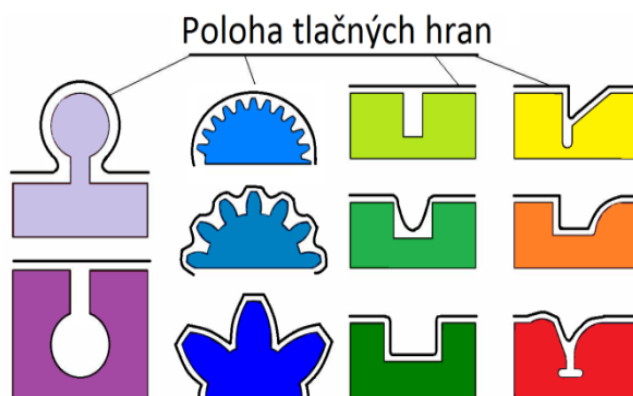


Obr. 17 Tvary tlačné hrany [8]



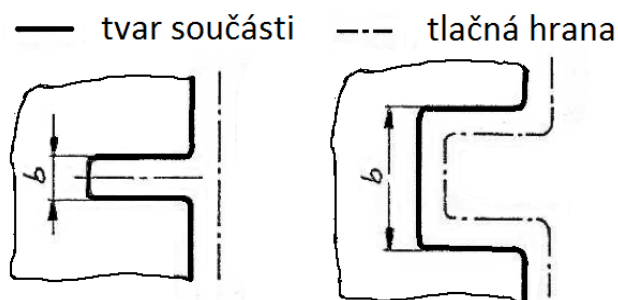
Obr. 16 Kvalita stříhu [23]

Mezi vlivy jenž ovlivňují konstrukci tlačných hran patří například jejich vzdálenost od křivky stříhu. S malou tlačnou hranou umístěnou blízko křivky stříhu je možné dosáhnout stejného výsledku jako při umístění větší tlačné hrany ve velké vzdálenosti od stejné křivky stříhu. Je-li však tlačná hrana v příliš velké vzdálenosti narůstá spotřeba materiálu a také střížná síla. Naopak, je-li tlačná hrana moc blízko od křivky stříhu, může dojít k odebrání materiálu na počátku stříhu, kdy se tvoří zakulacení na okraji výstřížku. Části výstřížku, které zabíhají dovnitř stříhané součásti a jsou uvnitř plochy stříhaného materiálu se přesně vystřihují mnohem lépe, než části, které jsou vyčnívající nebo leží poblíž okraje pásu výchozího plechu, popřípadě v blízkosti můstku. V mnoha případech nastává situace, kdy je nutné korigovat dráhu tlačné hrany. Ukázky průběhů tlačných hran v těchto případech jsou na obr.18.



Obr. 18 Průběhy tlačných hran [13]

Umístění tlačné hrany od střížné křivky je limitováno plochou potřebnou pro vtlačení do zpracovávaného materiálu. Pro kontrolu, zda bude tlačná hrana vedena okolo tvarových prvků nebo bude kopírovat obrys stříhané součásti viz obr.19, slouží kontrolní výpočet. Jestliže nerovnice platí, tlačná hrana nebude kopírovat obrys výstřížku a je nutné navrhnout přibližnou křivku pro kopírování tvaru stříhané součásti. Nerovnice má tvar :



Obr. 19 Umístění tlačných hran [41]

$$b \leq 15 \cdot h \text{ [mm]} \quad (2.5)$$

kde: b - šířka zářezu [mm]

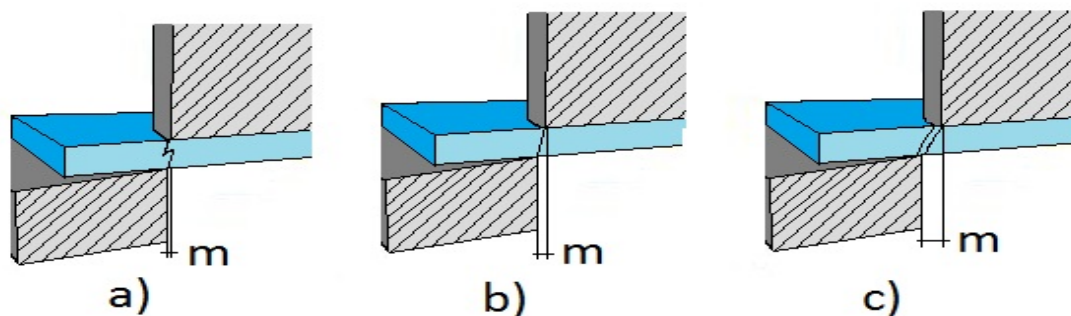
Jestliže vztah (2.5) neplatí, tlačná hrana bude přesně kopírovat tvar stříhané součásti ve vzdálenosti "a", která byla vypočítána nebo určena ze směrníc.

2.2 Střížná vůle [10], [26], [41]

Dalším faktorem jenž nejvíce ovlivňuje technologii přesného stříhání s tlačnou hranou je střížná vůle. Střížnou vůlí se rozumí rozdíl mezi velikostí střížnice a střížníku. Střížná vůle je součet dvou střížných mezer. Na kvalitu střížné plochy má větší vliv jako tlačná hrana. U přesného stříhání se střížná vůle pohybuje až v 10krát menších hodnotách oproti postupovému stříhání. Na obr.20 je vidět průběh střížné křivky při zvolení malé, vhodné nebo příliš velké střížné mezery, tedy i střížné vůle.

Při zvolení optimální střížné mezery respektive střížné vůle dojde ve zpracovávaném materiálu mezi střížníkem a střížnicí k inicializaci trhliny, která se setká v materiálu ve stejném místě (obr.20b). Tím nedojde na střížné ploše k žádným nežádoucím vadám. Pokud je ovšem střížná vůle zvolena příliš malá (obr.20a), nebo naopak příliš velká (obr.20c), iniciované trhliny se míjejí a začne docházet ke zhoršení kvality střížné plochy.

S nevhodnou volbou střížné vůle jsou spojeny také faktory jako zvýšení potřebné energie pro stříh, rychlejší opotřebení nástroje a jiné nežádoucí účinky.



Obr. 20 Vliv střížné mezery na průběh křivky stříhu [10]

K optimalizovanému výpočtu vůle byly na základě praktických zkušeností odvozeny mnohé vztahy. Zde jsou uvedeny dva. První vztah je pro výpočet střížné vůle při zpracování materiálu, jehož $t \leq 3$ mm:

$$v = 2 \cdot m = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (2.6)$$

kde: v - střížná vůle [mm],

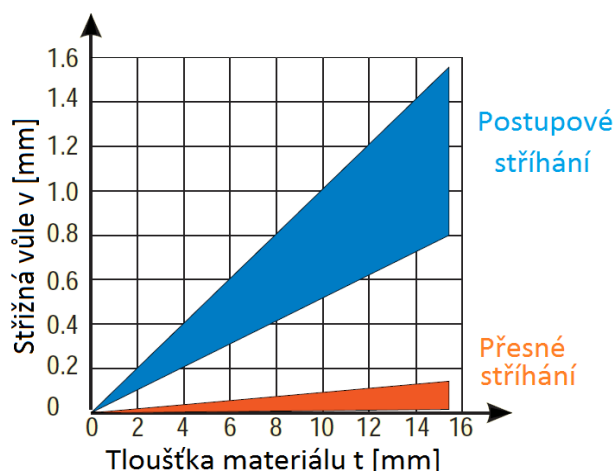
m - střížná mezera [mm],

c - koeficient závislý na druhu stříhání (pro přesné stříhání $c = 7 \cdot 10^{-4}$) [-],

τ_s - střížný odpor (pro ocel je $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$, kde R_m je mez pevnosti) [MPa].

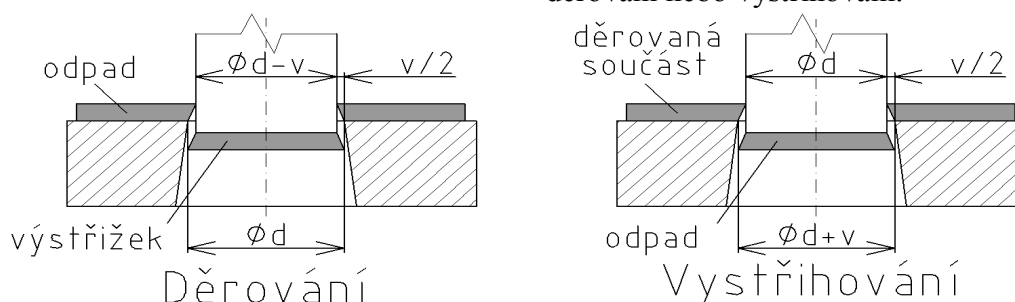
Druhý vztah je pro materiál, jehož $t > 3$ mm:

$$v = 2 \cdot m = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (2.7)$$



Obr. 21 Velikost střížných vůlí [23]

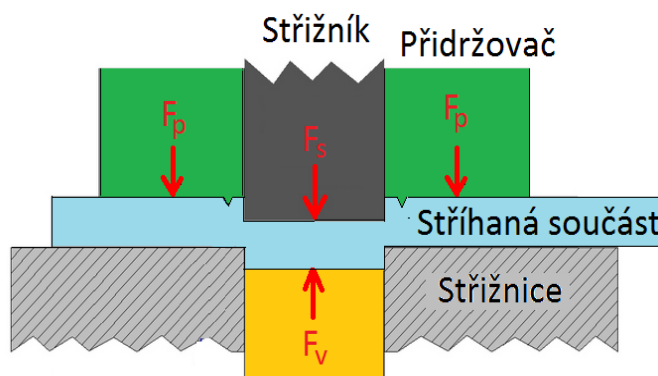
Obecně platí, že u přesného stříhání se střížná mezera volí 0,5 % tloušťky stříhaného materiálu ($0,005 \cdot t$). Což je při porovnání s postupovým stříháním asi desetkrát méně. Porovnání jak moc se liší velikost střížných vůlí při technologii postupového stříhání a přesného stříhání v závislosti na tloušťce zpracovávaného materiálu je na obr.21. Pro dodržení těchto vůlí je nutná poměrně nákladná výroba střížníků a střížnic, ovšem střížná plocha je poté velice kvalitní a rozměrově přesná. Na obr.22 je zobrazen rozdíl při stanovování rozměrů střížníku a střížnice při operaci děrování nebo vystřihování.



Obr. 22 Stanovování rozměrů střížníku a střížnice [10]

2.3 Síly a práce [10], [26], [41], [40]

Během procesu přesného stříhání s tlačnou hranou působí na zpracovávaný materiál tři síly. Tyto síly jsou zakresleny na obr.23. Přítlačná deska s tlačnou hranou působí na materiál silou F_p , vyhazovač působí naproti střížníku silou F_v a střížník vytváří sílu F_s . Hodnoty jednotlivých sil se určí z nomogramů, nebo vypočítají užitím vzorců. Pro dokonalou funkci musí být lis schopný korigovat všechny tyto síly současně.



Obr. 23 Síly působící při přesném stříhání s tlačnou hranou [23]

Celková střížná síla potřebná pro návrh lisu je součtem všech dílčích členů dle vztahu:

$$F_c = F_s + F_p + F_v \text{ [N]} \quad (2.8)$$

kde: F_s - střížná síla [N],

F_p - síla přidržovače [N],

F_v - síla vyhazovače [N].

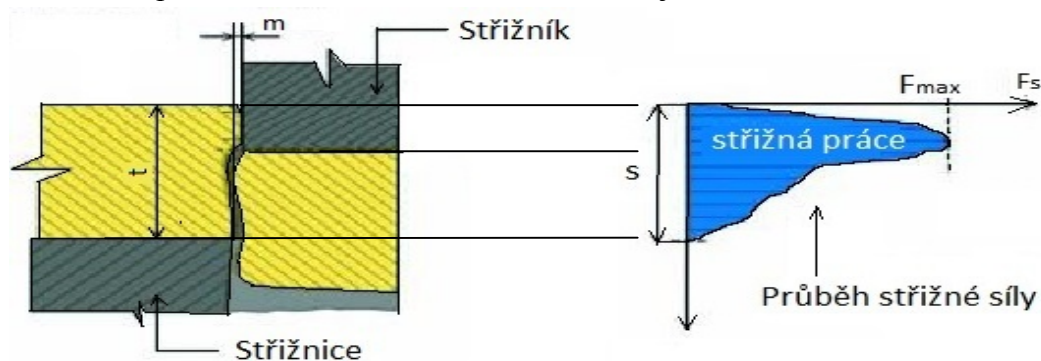
Pomocí střížné síly F_s dochází k ustřížení zpracovávaného materiálu. Nejvíce je ovlivněna materiálem, který se bude stříhat. Dále pak velikosti obvodu výstřížku společně s jeho tloušťkou. Střížná síla se vypočítá dle vzorce:

$$F_s = l_s \cdot t \cdot \tau_s \cdot n \text{ [N]} \quad (2.9)$$

kde: l_s - délka stříhu [mm],

n - koeficient otupení nože (volí se $n = 1,2$ až $1,5$) [-].

Při reálných podmínkách stříhu nedochází v materiálu pouze ke smyku, ale druhy namáhání jsou kombinovaná. Z tohoto důvodu se střížná síla zvětšuje o 20 % až 25 %. Při vnikání střížníku do tvárného materiálu dochází k jeho zpevnování a tím i narůstá potřebná střížná síla. Růst začíná po překročení meze kluzu a pokračuje až do meze pevnosti zpracovávaného materiálu. Po překročení i této meze nastává stříh a střížná síla klesá. Tento průběh nárůstu a poklesu závislého na uražené dráze "s" je na obr.24



Obr. 24 Průběh střížné síly a práce během stříhu [10]

Síla přidržovače F_p zajišťuje zatlačení tlačné hrany do stříhaného materiálu. Její velikost závisí na odporu materiálu proti vnikání tlačných hran k_m . U toho bylo zkouškami zjištěno, že je možné jej nahradit zvětšenou mezí pevnosti materiálu v tahu ($k_m \approx 4 \cdot R_m$).

Síla přidržovače je poté spočtena dle vztahu :

$$F_p = k_m \cdot L_h \cdot h \cong 4 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h \text{ [N]} \quad (2.10)$$

kde: L_h - délka tlačné hrany [mm],

k_m - odpor materiálu proti vnikání tlačných hran [-].

Síla vyhazovače F_v působící proti střížníku je vždy menší jako síla střížná. Tuto sílu nejvíce ovlivňuje plocha stříhané součásti. Její velikost spočteme pomocí vztahu:

$$F_v = S \cdot p \text{ [N]} \quad (2.11)$$

kde: S - plocha stříhané součásti [mm²],

p - měrný tlak (volí se 30 až 80 MPa) [MPa].

Za pomoci střížné síly je možné stanovit taktéž střížnou práci, která je na ní přímo závislá. Stejně jako střížná síla závisí hlavně na mechanických vlastnostech děleného materiálu (R_m , $R_{p0,2}$, A_{80} atd.) a na podmínkách stříhu jako je velikost střížné mezery, kvalita střížných hran a jiné. Pro stříh s rovnoběžnými noži je střížná práce dána plochou pod křivkou v závislosti střížné síly na uražené dráze střížníku. Potom je tuto práci možné spočítat dle vztahu:

$$A_s = F_s \cdot t \cdot \lambda \quad (2.12)$$

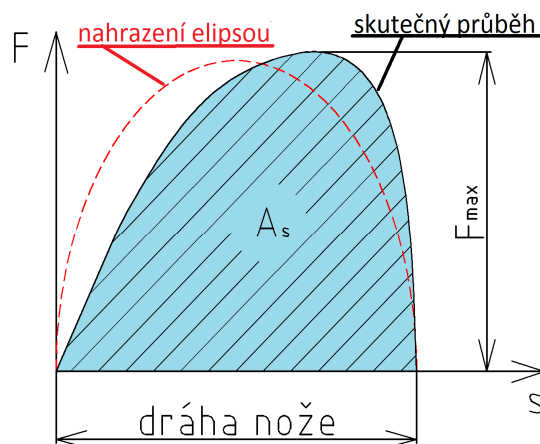
kde: λ - součinitel zaplnění pracovního diagramu (volí se 0,2 až 0,75) [-].

Celkovou střížnou práci je možné také stanovit za předpokladu, že bude plocha pracovního diagramu nahrazena půlelipsou o stejném obsahu (obr.26). Potom lze střížnou práci spočítat dle vztahu:

$$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot F_{\max} \cdot s_1 \text{ [J]} \quad (2.13)$$

kde: F_{\max} - maximální dosažená síla během stříhání [N],

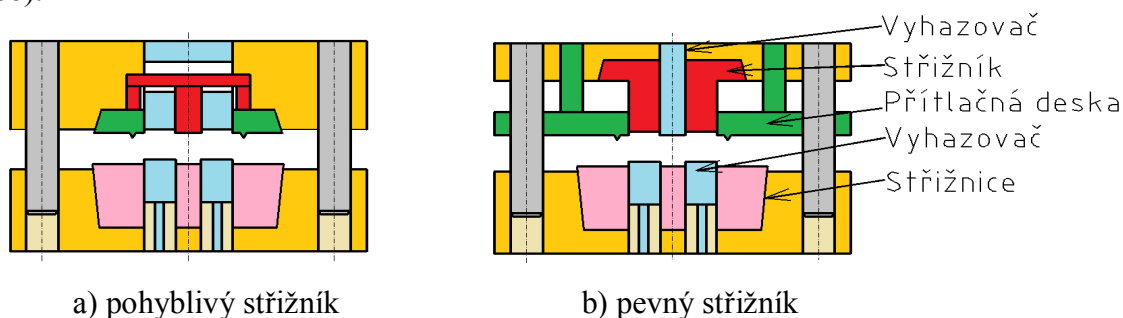
s_1 - dráha nože při stříhu [mm].



Obr. 25 Nahrazení pracovního diagramu půlelipsou [9]

2.4 Konstrukce nástrojů [3], [13], [26], [40], [41]

Dle konstrukce je možno rozdělit střížné nástroje na dva základní typy. První z nich je nástroj pro přesné stříhání s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem (obr.26a). Druhý je nástroj pro přesné stříhání s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem (obr.26b).



Obr. 26 Schéma střížných nástrojů [41]

Konstrukční řešení, kdy je střížný nástroj s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem, není příliš často využíváno. Během vnikání přidržovače do materiálu vznikají boční síly, které jsou do vedení nástroje přenášeny prostřednictvím střížníku. V takovém případě slouží střížník jako jediné vedení horního přidržovače s tlačnou hranou.

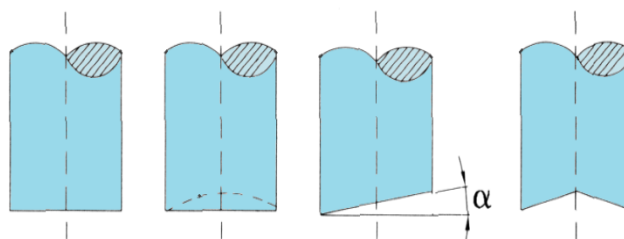
Největší nevýhodou v tomto případě je následné vychylování střížníku během střížného procesu těmito silami. Střížník a střížnice jsou pevně osazeny a upevněny pomocí šroubů do základové a horní upínací desky. Střížník zároveň koná funkci střížnice pro vnitřní stříh.

V dnešní době je více užívána konstrukce střížných nástrojů s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem. Přidržovač s tlačnou hranou je pevně spojen s horní či spodní částí stojánku a boční síly vznikající vnikem tlačné hrany na přidržovači do zpracovávaného materiálu jsou zachycovány přímo sloupkovým vedením střížného nástroje. Zobrazení obou druhů střížných nástrojů je v příloze 1.

2.4.1 Střížník [3], [13], [40], [41]

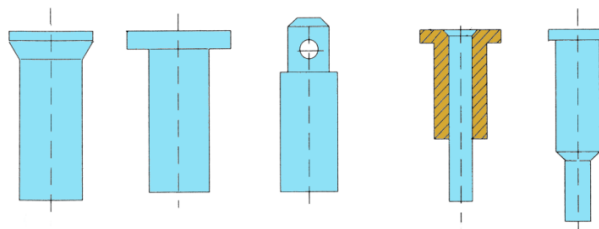
Střížníky slouží společně se střížnicí k vytváření otvorů při střížném procesu. Musí být proto konstruovány s ohledem na jejich pevnost, tuhost a přesnost. Standardní střížníky se vyskytují v široké škále variant od nejjednodušších jako kulaté, čtvercové, až po tvarové střížníky vytvořené pro dané výrobky.

Při návrhu střížníku musí být bráno v úvahu zamezení protáčení způsobené vznikajícími silami. Obvykle je možné kontrolovat vnik střížníku do materiálu pomocí změny tvaru čela střížníku. Několik variant těchto úprav je na obr. 27.



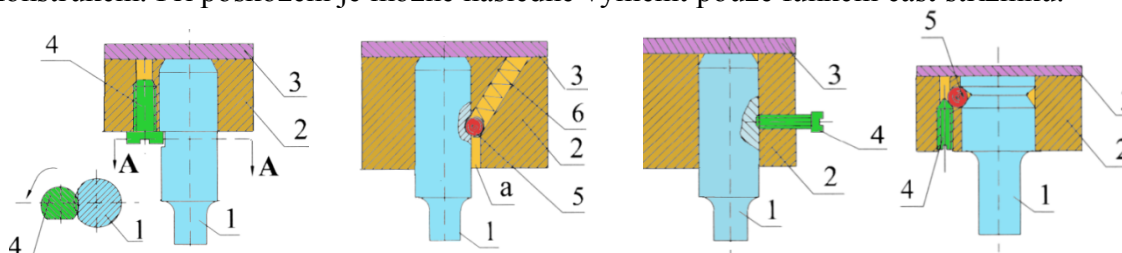
Obr. 27 Druhy čel střížníků [3]

Existuje mnoho metod jak upevnit střížníky. Střížníky jsou převážně malých průměrů a proto musí být navrženy tak, aby odolaly nárazům a otlacení. Základní typy pevného upínání střížníků jsou vidět na obr.28. Tyto střížníky jsou konstruovány s upínací hlavou, která má různé tvary a následně jsou vloženy do připravených otvorů. Nad hlavy je poté umístěna opěrná kalená deska, aby se zabránilo otlacení základních desek nebo podložek.



Obr. 28 Tvary střížníků pro pevné upínání [3]

Vzhledem k vysoké pravděpodobnosti poškození malých střížníků musí být upínání navrženo tak, aby bylo střížníky možné snadno a rychle vyměnit. Několik těchto druhů upnutí je možné vidět na obr.29 (1 - střížník, 2 - upínací deska, 3 - opěrná deska, 4 - šroub, 5 - kulička, 6 - pružina, a - otvor). Z hlediska ekonomičnosti a jednoduchosti je dobré mít střížníky z jednoho kusu. Složitější tvary střížníků mohou být dělené. Funkční část střížníku je potom z kvalitní nástrojové oceli a zbytek střížníku z oceli konstrukční. Při poškození je možné následně vyměnit pouze funkční část střížníku.



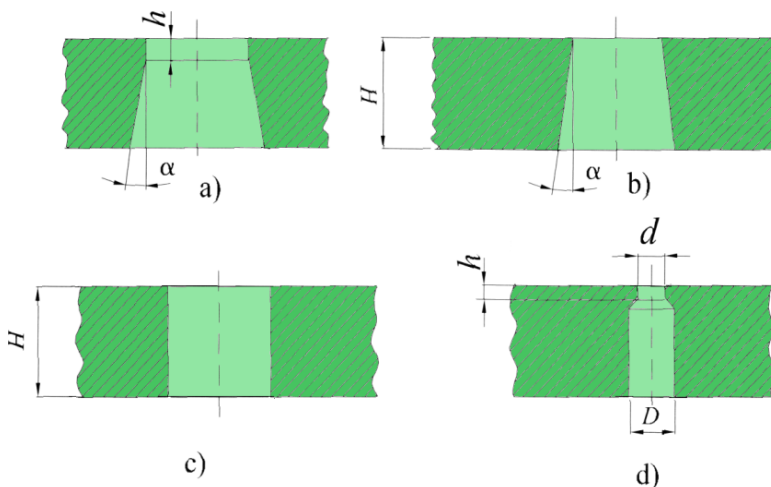
Obr. 29 Tvary střížníků pro rychlé upínání [3]

2.4.2 Střížnice [26], [40], [41]

Dalším hlavním konstrukčním prvkem při stříhání je střížnice. Střížnice tvoří blok, ve kterém jsou otvory, do nichž vniká střížník. Společně se střížníkem zastává nejnákladnější část střížného nástroje. Pro dosažení požadovaných přesností a geometrie je nutné ji brousit a dále opracovávat, což velmi zvyšuje náklady na její výrobu. Střížnice se konstruuje buď v celistvém stavu, nebo jako složené oddíly.

Vnitřní tvary střížnic je možné vidět na obr.30. Výšky střížnic se obvykle pohybují v rozmezí $H = 15$ až 30 mm. Na obr.30a je střížnice, která je nejnákladnější na výrobu, ovšem při použití tohoto typu střížnice je dosaženo nejlepší přesnosti stříhu u součástí se složitým tvarem. Při provozu

se střížnice rychle otupí a je potřeba ji přebrousovat, proto je zde tzv. fazetka označena " h_f " která musí být větší jako tloušťka stříhaného materiálu. Hodnoty " h " pro různé tloušťky materiálů jsou v tab.4. Úhel zkosení u tohoto typu je $\alpha_z = 3^\circ$ až 5° . Otevřený vnitřní profil střížnice na obr.30b. Užívá se pro malé výstřižky s malou přesností stříhu. Úhel zkosení pro materiály tloušťky $t < 1$ mm je $\alpha_z = 10'$ až $20'$ a pro materiály $t \geq 1$ až 5 mm je $\alpha = 25'$ až $45'$. Tvar profilu střížnice na obr.30c se používá pro relativně velké výstřižky. Po vystřížení je výrobek vytlačen nahoru a odstraněn z pracovní plochy. Typ střížnice na obr.30d se používá pro otvory malého průměru, kde je $d \leq 5$ mm. Velikost otvoru D je potom $D = d + 3$ mm.



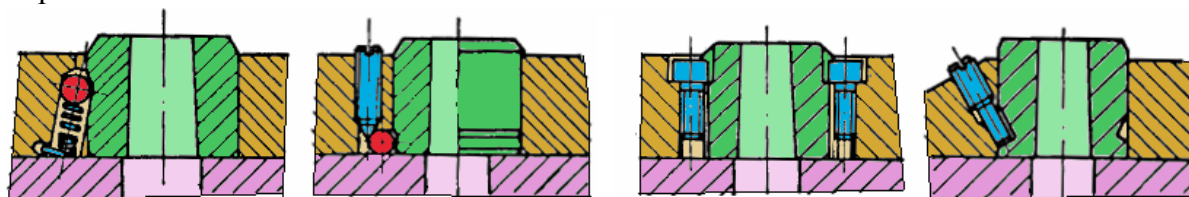
Obr. 30 Vnitřní tvary střížnic [3]

Tab.4 Velikosti fazetky h_f [40]

Tloušťka materiálu t [mm]	$< 0,5$	$0,6$ až $5,0$	$5,1$ až $10,0$
Velikost h_f [mm]	$3,0$ až $5,0$	$5,1$ až $10,1$	$10,1$ až $15,0$

Při upevňování střížnice je nutno dbát na její ustředění. V případě přesného stříhání s tlačnou hranou nelze k ustředění použít kruhové otvory v horní nebo spodní části stojánku, jelikož při nutnosti rozebíratelného spojení je nutná určitá vůle, z čehož by plynula nepřesnost. Taktéž středění pomocí kolíků není vyhovující pro usazení, protože kolíky nezaručují zcela přesné umístění. V praxi se osvědčilo upevnění kruhových střížnic pomocí kuželovitého uložení s malým úkosem asi 3° . Tyto střížnice jsou zalisovány s předpětím $0,2$ až $0,3$ mm do kuželového vybrání v horní nebo spodní části vodícího stojánku.

Dalším druhem střížnic jsou střížnice vložkové. Tyto střížnice šetří drahý materiál potřebný pro jejich výrobu. Ukázky některých druhů upevnění těchto vložkových střížnic jsou na obr.31. Obvykle přecházejí přes okraj objímky o 3 až 5 mm z důvodu broušení při otupení.



Obr. 31 Možnosti upnutí vložkových střížnic [3]

2.4.3 Materiály střížných nástrojů [23],[26], [40], [41]

Na materiálu a tepelném zpracování, které je zvoleno pro funkční části nástroje, závisí hospodárnost a výhodnost přesného stříhání. Nástrojová ocel užívaná pro jejich konstrukci je velmi ekonomicky nákladná a proto se vyplatí ji užívat jen při vysoké sériovosti. Při velkých funkčních částech například střížníků, jsou z kvalitnějších nástrojových materiálů tvořeny pouze dráky a hlava střížníku je tepelně zpracovaná na menší (levnější) tvrdost. Často používané materiály pro střížné nástroje jsou uvedeny v tab.5.

Tab.5 Materiály střížných nástrojů [41]

Funkční část nástroje	Materiál	Tepelné zpracování / tvrdost
Střížnice	19 436 19 437 G 3	kaleno a popuštěno na : 61 až 63 HRC
Střížník kruhový	19 436 G 3, G 4	60 až 62 HRC
Střížník tvarový	19 436 G 3, G 4 19 436	56 až 58 HRC
Přítlačná deska	19 436	55 až 57 HRC
Vyhazovač	19 436	58 až 60 HRC
Tlačný kolík	19 421 19 422	59 až 61 HRC
Opěrná deska	19 436	58 až 60 HRC
Zděř	19 452	55 až 57 HRC

Dalšími komponentami střížného nástroje jsou například v tabulce uvedená přítlačná deska a vyhazovač, které jsou popsány níže:

- Přítlačná deska - zajišťuje sevření zpracovávaného materiálu mezi sebou a střížnicí. Sevřením nemůže dojít k posunu nebo nežádoucímu vychýlení. Na přítlačné desce je také umístěna tlačná hrana, která mění stavy napjatosti při stříhu viz kap.2.1. Ukázka tvaru přítlačné desky s tlačnou hranou je na obr.32.



Obr. 33 Válcový vyhazovač [48]



Obr. 32 Přítlačná deska s tlačnou hranou [46]

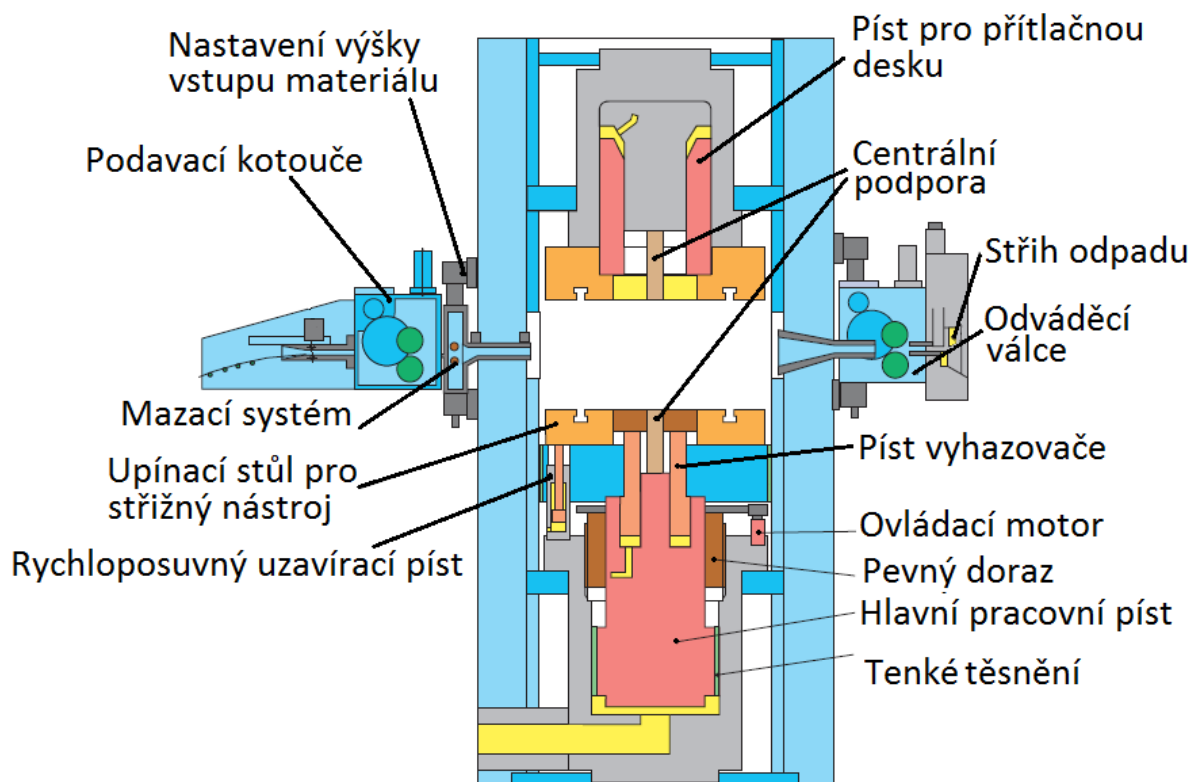
Vyhazovače jsou části střížného nástroje, které plní funkci vytváření kontra síly naproti střížníkům. Jsou umístěny ve střížnici a musí být zajištěny proti vypadnutí nebo pootočení. Obvykle jsou vyhazovače ve střížnici ustaveny tak, aby z ní přečnívaly o 0,1 až 0,2 mm. Jak z názvu vyplývá zajišťují vyražení stříhané součásti popřípadě odpadu ze střížnice do pracovního prostoru, odkud budou tyto výstřižky odfouknuty stlačeným vzduchem pryč. Příklad válcového vyhazovače je na obr.33.

2.5 Používané stroje [13], [23], [26], [41]

Pro přesné stříhání s tlačnou hranou je nutné použití lisů. Tyto lisy se dělí do dvou hlavních skupin a to lisy mechanické a lisy hydraulické. Jak je již popsáno výše, je nutné aby byl lis trojčinný, tedy dokázal vyvodit všechny tři potřebné síly pro technologii přesného stříhání (F_s , F_p , F_v). Mezi hlavní požadavky na lis patří:

- mohutnost lisu pro technologii přesného stříhání (práce potřebná pro přesné stříhání je 2 až 3 krát větší jako u postupového stříhání,
- rychlost stříhání by neměla přesahovat $10 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$,
- vedení beranu bez vůle,
- maximální síla přidržovače a vyhazovače musí být v poměru k jmenovité tvářecí síle lisu (největší síla přidržovače maximálně 40 % jmenovité síly lisu a největší síla vyhazovače maximálně 20 % jmenovité síly lisu),
- lis musí mít bezpečnostní pojistku proti přetížení.

Hydraulické lisy jsou pro přesné stříhání ve výhodě, jelikož je snadno možné dosáhnout stejného počtu zdvihů jako u lisu mechanických. Jejich provoz je plynulý a přesný. Schéma hydraulického lisu je na obr. 35.



Obr. 34 Schéma hydraulického lisu [23]

Mezi dnešní výrobce kvalitních hydraulických lisů nejen pro přesné stříhání patří například firmy FEINTOOL, SCHMIDT Technology, Žďas a.s., Schuler group a jiné.











2.6 Technologičnost [1], [9], [40], [41]

Z důvodu zjištění, zda je výrobek vůbec vyrobitelný je nutné posuzovat u vyráběných součástí technologičnost. Ta nám také určí jaké je neekonomičtější uspořádání na páscech plechu. Největší procento nákladů na výrobu plyne ze spotřeby materiálu a to 80 % až 90 % nákladů, hlavně při velkosériové výrobě. Proto je nutné věnovat této problematice dostatečnou péči.

Technologické parametry jako vzdálenost otvoru od okraje výstřižku, minimální průměr otvoru v závislosti na tloušťce plechu a jiné, se určují z takzvaných nomogramů. Některé používané nomogramy pro technologii přesného stříhání jsou uvedeny v příloze 2 tohoto dokumentu. Při nedodržení těchto parametrů riskujeme snížení kvality střížné plochy nebo snížení životnosti střížných nástrojů. Mezi důležitou součást technologičnosti ovšem patří uspořádání na pás plechu. Základní typy uspořádání jsou na obr.35. Z obrázku je patrné, že je možné mnoho materiálu ušetřit při uspořádání bez můstku. To je ovšem možné pouze u postupového stříhání, kde nejsou takové požadavky na přesnost a kvalitu střížné plochy. U technologie přesného stříhání s tlačnou hranou je nutné použít uspořádání s můstkem, neboť kolem celé stříhané součásti musí být vedena tlačná hrana.

Množství spotřebovaného materiálu se dá také snížit, jestliže bude navrženo jiné konstrukční řešení, které bude plnit stejnou funkci. Konstrukční úprava pro snížení spotřebovaného materiálu při zachování funkčnosti je na obr.36. Zde je také vidět, že konstrukce nástrojů pro nový tvar navržené součásti bude jednodušší. Zároveň při snížení nákladů na materiál se také sníží náklady na výrobu nástrojů.

Technologičnost je tedy nutné posuzovat nejen z hlediska konstrukčního a technologického, ale také ekonomického. V některých případech je nutné před finálním rozhodnutím nejprve vytvořit ekonomickou bilanci o návratnosti investic, a až poté rozhodnout, která navrhovaná technologická varianta nám bude vyhovovat nejlépe.

Typ stříhu	Stříhací náčrtek	
	s můstkem	bez můstku
Přímý		
Jednořadý		
Víceřadý		
Šikmý		
Vstřícný		

Obr. 35 Způsoby uspořádání výstřižků [35]

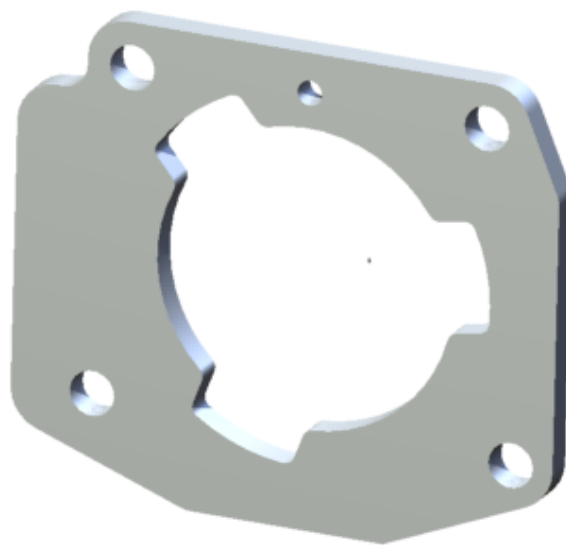


Obr. 36 Změna konstrukce pro jednodušší výrobu [1]

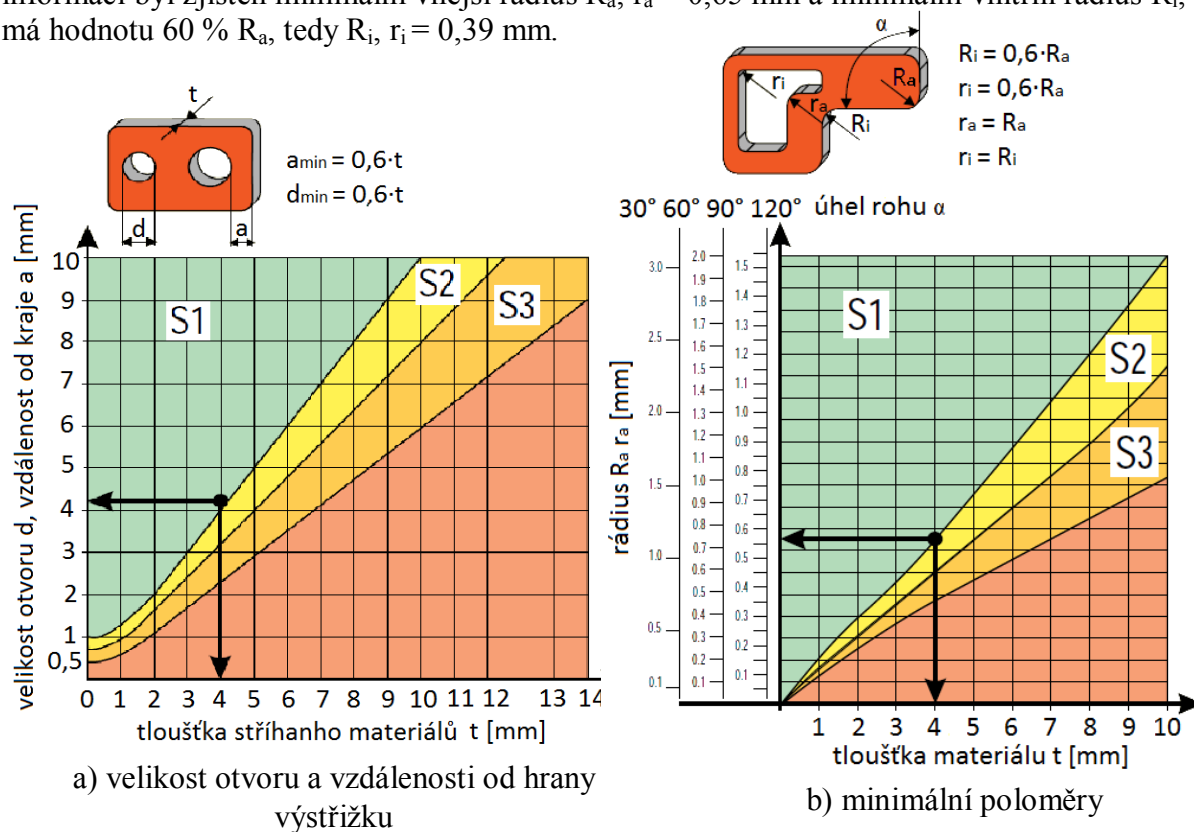
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY [9], [23], [41]

Jak je již na začátku dokumentu řečeno výrobek, jenž bude vyráběn je držák válce obr.37. Pro výrobu byla vybrána technologie přesného stříhání s tlačnou hranou a zadaná součást bude vyráběna z korozivzdorné oceli ČSN 17 240. Před začátkem technologických výpočtů je nejprve nutné zkontrolovat důležité technologické parametry pro přesné stříhání s tlačnou hranou.

Tyto kontroly například minimálního průměru otvoru, vzdálenosti otvoru od kraje výstřižku a minimálního poloměru součásti jsou kontrolovány dle nomogramů. Označení S1, S2 a S3 v nomogramech označuje stupeň obtížnosti splnění těchto požadavků, přičemž oblast S3 tvoří hraniční mez pro výrobu součásti. Pomocí prvního nomogramu na obr.38a, byl určen minimální průměr otvoru a minimální vzdálenosti od hrany výstřižku. Dle nomogramu činí tyto hodnoty zhruba 60 % tloušťky materiálu. Pro materiál tloušťky $t = 6 \text{ mm}$ je tedy hodnota d_{\min} a $a_{\min} = 3,6 \text{ mm}$. Minimální poloměr je určen dle druhého nomogramu na obr.38b. Nejmenší poloměry se na součásti vyskytují v oblasti vnitřního otvoru pro píst a přepustné kanálky. Poloměr, jenž je nutné kontrolovat, je vnější i vnitřní. Dalším faktorem, který je nutný pro určování v nomogramu znát, je úhel rohu α , kde se daný rádius nachází. U součásti je očividné, že tento úhel se pohybuje okolo 90° . Dle těchto informací byl zjištěn minimální vnější rádius R_a , $r_a = 0,65 \text{ mm}$ a minimální vnitřní rádius R_i , r_i má hodnotu 60 % R_a , tedy R_i , $r_i = 0,39 \text{ mm}$.

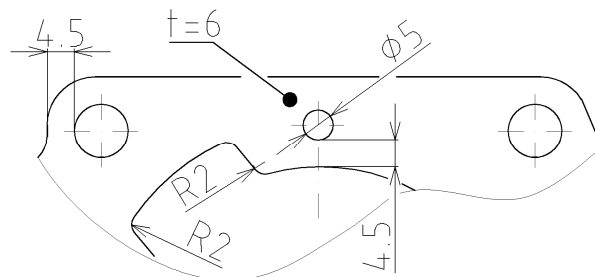


Obr. 37 Vyráběná součást



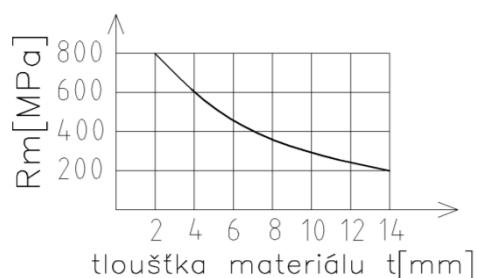
Obr. 38 Nomogramy pro určení technologických parametrů výstřižku [23]

Pro kontrolu, zda zadaná součást je výrobitelná a vyhovuje výše zmíněným parametrům je možné použít obr.39. Dle obrázku je vidět, že nejmenší otvor má průměr větší jako $d_{\min} = 3,6$ mm a zároveň také nejmenší vzdálenosti otvorů od okraje výstřížku nejsou menší jako $a_{\min} = 3,6$ mm. Velikosti těchto parametrů tedy vyhovují stanoveným podmínkám, ovšem parametr a_{\min} se nachází v oblasti S3 a parametr d_{\min} v oblasti S2. Výstřížek bude tedy obtížnější pro výrobu a musí se brát v úvahu ryhlejší opotřebení nástrojů. Nejmenší poloměr zaoblení na součásti má hodnotu $R = 2$ mm, což dle nomogramu je daleko v oblasti S1, tedy tento parametr je zcela vyhovující.



Obr. 39 Hodnoty určovaných parametrů

Materiál pro výrobu zadané součásti byla zvolena ocel ČSN 17 240. Tato ocel je vysoce legovaná, korozivzdorná a více informací o jejím chemickém složení a vlastnostech nalezneme v kap.1. Pro přesné stříhání by z hlediska tepelného zpracování měla být ocel v měkce žíhaném stavu a dále s vysokým stupněm čistoty. Pro výpočty je volena mez pevnosti zvolené oceli $R_m = 580$ MPa. Dle grafu hospodárného využití nástrojů na obr.40 se hodnota meze pevnosti v tahu nachází nad uvedenou křivkou, proto

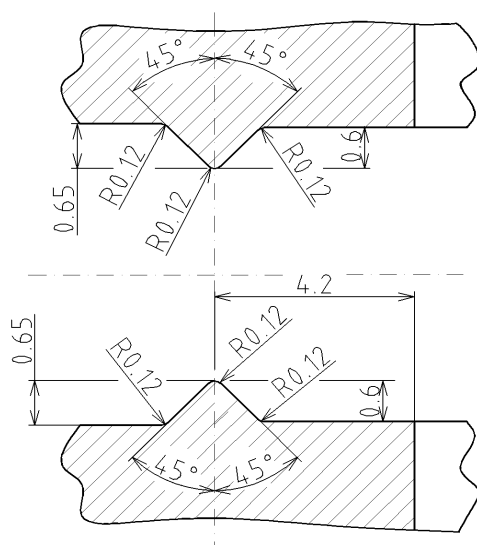


Obr. 40 Hospodárné využití nástrojů [41]

musí být brána v úvahu častá výměna střížných nástrojů, kvůli zvýšenému opotřebení.

Z hlediska tolerovaných rozměrů má součást nejpreciznější použitou toleranci IT7, která je technologií přesného stříhání běžně dosažitelná. Ostatní rozměry součásti jsou tolerované dle všeobecných tolerancí a úchylek střední třídy ČSN ISO 2768 - 1. Nejmenší požadovaná jakost povrchu je $R_a = 0,8 \mu\text{m}$. Této jakosti lze pomocí technologie přesného stříhání s tlačnou hranou také běžně dosáhnout.

3.1 Tlačná hrana [9], [12], [13], [41]



Obr. 41 Konstrukce tlačných hran s rozměry

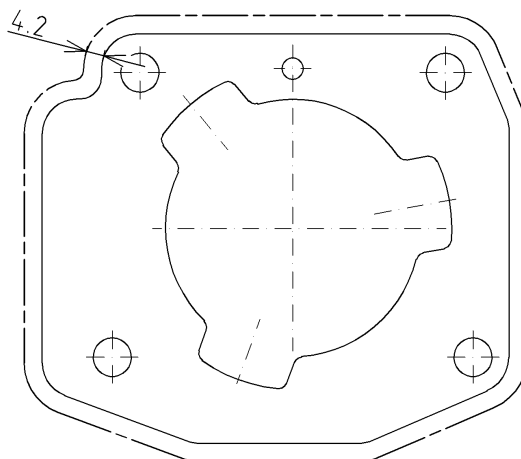
Výrobek bude vyráběn z materiálu tloušťky $t = 6$ mm. U přesného stříhání s tlačnou hranou se při tloušťce materiálu nad 4 mm konstruuje tlačná hrana nejen na přitlačné desce, ale také na střížnici. Korozivzdorná ocel ČSN 17 240 patří mezi méně tvárné materiály v porovnání například s mosazí, proto bude použit pro konstrukci tlačné hrany profil s oběma úhly 45° .

Rozměry tlačné hrany zle určit dle rovnic, 2.2, 2.3, a 2.4. K dispozici ovšem byly směrnice pro přesné stříhání s tlačnou hranou zpracované pro ZBROJOVKU BRNO a podle těchto směrnic byly rozměry stanoveny. Tvar tlačné hrany se všemi jejími rozměry je vidět na obr. 41.

Rozměry pro konstrukci byly určeny dle tabulkových hodnot v příloze 3. Konkrétní určené hodnoty jsou :

- vzdálenost vrcholu tlačné hrany od stříhaného obrysu součásti $a = 4,2$ mm,
- výška tlačné hrany $h = 0,6$ mm,
- výška tlačné hrany z vnější strany h_1 se spočítá dle vzorce 2.2:
 $h_1 = h + 0,05 = 0,6 + 0,05 = 0,65$ mm,
- poloměr zaoblení $R = 0,12$ mm.

Součást neobsahuje žádné vnější tvarové výstupky nebo drážky, proto bude tlačná hrana vedena po obvodě celé součásti ve vzdálenosti $a = 4,2$ mm. Umístění tlačné hrany je na obr.42.



Obr. 42 Umístění tlačné hrany

3.2 Střížná vůle [10], [26], [41]

Střížná vůle je vůle mezi střížníkem a střížnicí během procesu stříhání. Na základě praktických zkušeností byly vytvořeny vztahy pro její výpočet vycházející z tloušťky zpracovávaného materiálu. Součást bude vyráběna z plechu tloušťky $t = 6$ mm. Pro výpočet střížné vůle a střížné mezery se proto použije vztah 2.7, který platí pro materiály jejichž tloušťka je $t > 3$ mm:

$$v = 2 \cdot m = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,8 \cdot R_m}$$

$$v = (1,5 \cdot 7 \cdot 10^{-4} \cdot 6 - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 580} = 0,033 \text{ mm}$$

Obecně platí, že střížnou vůli u přesného stříhání lze stanovit jako 0,5 % tloušťky stříhaného materiálu tedy:

$$v = 0,005 \cdot t = 0,005 \cdot 6 = 0,03 \text{ mm}$$

Při porovnání vůle spočtené dle 0,5 % tloušťky a vůle spočtené vztahem 2.7, je vidět minimální rozdíl. Proto pro další výpočty bude volena střížná vůle dle obecného pravidla tedy $v = 0,03$ mm. Dále se na základě střížné vůle spočítá také střížná mezera:

$$m = \frac{v}{2} = \frac{0,03}{2} = 0,015 \text{ mm}$$

3.3 Střížná síla a práce [10], [26], [40], [41]

Pro budoucí volbu lisu je nutné určit velikosti střížných sil. Tyto síly je nutné počítat s ohledem na tloušťku a druh stříhaného materiálu a podrobně jsou popsány v kap.2.3.

a) střížná síla F_s :

Z hlediska rozboru v technologičnosti v kap.3 je pro výpočet volen vysoký koeficient otupení $n = 1,5$ [-]. Délka stříhu zpracovávané součásti byla spočtena programem Autodesk Inventor Professional 2014 a má hodnotu $l_s = 727,45$ mm. Střížná síla se spočítá podle vztahu 2.9:

$$F_s = l_s \cdot t \cdot \tau_s \cdot n = l_s \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot n = 727,45 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 580 \cdot 1,5 = 3\,037\,831,2 \text{ N}$$

b) síla přidržovače (přítlačné desky) F_p :

Délka tlačné hrany pro zadanou součást byla opět spočtena programem Autodesk Inventor Professional 2014 jako hodnota $L_h = 393,91$ mm a spočte se dle vztahu 2.10:

$$F_p = k_m \cdot L_h \cdot h \cong 4 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h \cong 4 \cdot 580 \cdot 393,91 \cdot 0,6 \cong 548\,322,72 \text{ N}$$

c) síla vyhazovače F_v :

Pro výpočet plochy výstřižku $S = 6\,021,68 \text{ mm}^2$ byl použit program Autodesk Inventor Professional 2014. Měrný tlak byl zvolen $p = 60$ MPa a hodnota síly vyhazovače je určena dle vztahu 2.11:

$$F_v = S \cdot p = 6\,021,68 \cdot 60 = 361\,300,8 \text{ N}$$

d) celková střížná síla F_c :

Tato síla je spočtena dle vztahu 2.8:

$$F_c = F_s + F_p + F_v = 3\,037\,831,2 + 548\,322,72 + 361\,300,8 = 3\,947\,454,72 \text{ N}$$

$$F_c \cong 3\,947,45 \text{ kN}$$

e) střížná práce A_s :

Při volbě součinitele zaplnění pracovního diagramu $\lambda = 0,75$ [-] je střížná práce spočtena dle vztahu 2.12:

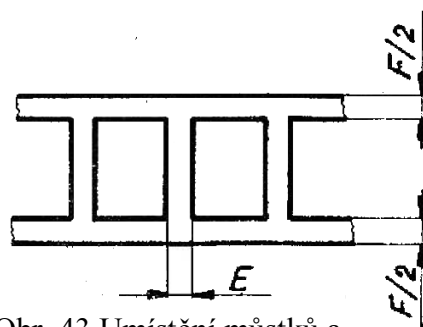
$$A_s = F_s \cdot t \cdot \lambda = 3\,037\,831,2 \cdot 6 \cdot 0,75 = 13\,670\,240,4 \text{ J} \cong 13\,670,24 \text{ kJ}$$

3.4 Velikost můstku a odpadu [1], [9], [40], [41]

Dle tab.6 byly stanoveny hodnoty můstku E a velikost postranního odpadu F . Hodnota F je celková hodnota postranního odpadu, takže výsledný jeden okraj má poloviční hodnotu, jak je vidět na obr.44.

Tab.6 Hodnoty můstku a postranního odpadu [41]

Tloušťka materiálu	E	F	Tloušťka materiálu	E	F
[mm]			[mm]		
0,5	2	3	6,0	8	14
0,8	3	3,5	7,0	9	15
1,0	3	4	8,0	10	16
1,2	3,5	4	9,0	11	17
1,5	4	5	10,0	12	18
2,0	4,5	6	12,5	15	20
2,5	5	8	15,0	18	25
3,0	5,5	9	16,5	22	28
3,5	6	10	18,0	23	32
4,0	6,5	11	20,0	25	35
5,0	7	12			



Obr. 43 Umístění můstků a postranních odpadů [41]

Podle tabulky by byla hodnota E volena jako $E = 8$ mm, ale při této volbě by se překrývali tlačné hrany. Z tohoto důvodu byla ponechána tabelovaná hodnota okraje pásu F a velikost můstku byla zvětšena o 1 mm. Po úpravě jsou hodnoty můstku a postranního odpadu tedy: $E = 9$ mm

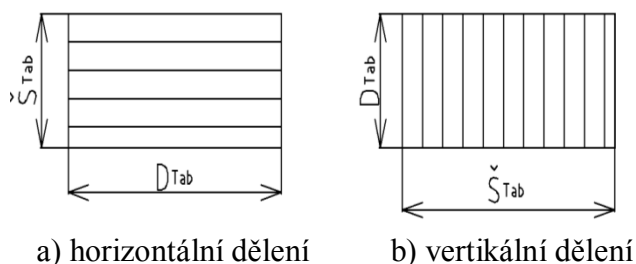
$$F = 14 \text{ mm}$$

Hodnoty těchto parametrů umožní vypočítat spotřebu materiálu pro jednotlivé nástřihové plány.

3.5 Využití materiálu [1], [9], [33], [40]

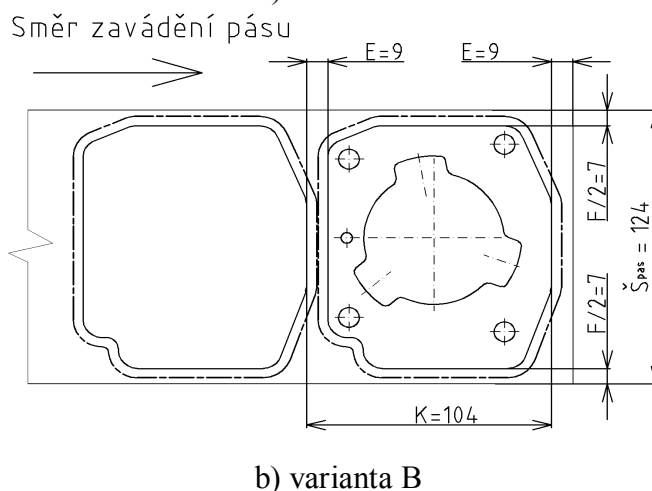
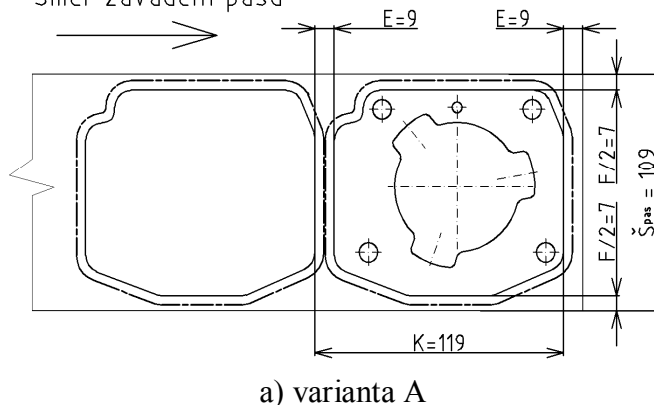
Obvykle se pro stanovení spotřeby materiálu uvažují dvě možnosti, ve kterých je daný materiál k dostání. Materiál pro výrobu je možné pořizovat buď jako ocelový plech o určitých rozměrech, který je dále zpracován na pásy, nebo jako svitky z pásu plechu.

- Svitky - mají ve většině případů lepší procento využití materiálu z důvodu kontinuálního stříhu bez počátečních a koncových okrajů. Ovšem pro jejich zavádění do střížného procesu je nutné speciálního podávacího zařízení. V našem případě má mít výrobek tloušťku 6 mm, což je příliš velká tloušťka materiálu na to, aby z něj mohl být tvořen ocelový svitek, proto se nebude určovat využití materiálu ze svitku.
- Tabule plechu - mají rozměry dle ČSN 42 5315 a musí být rozděleny na pásy plechu. Toto rozdělení je na obr.44. Plechové tabule z oceli ČSN 17 240 s tloušťkou $t = 6$ mm jsou běžně k dostání. Dělení na pásy se provádí ve vodorovném nebo svislém směru. Jako dodavatel materiálu byla zvolena firma ITALINOX, s.r.o., která dodává velikostech.



Obr. 44 Rozdělení tabule plechu na pásy

potřebné tabule plechu ve čtyřech možných
Směr zavádění pásu



Obr. 45 Nástřihové plány

Součást je obdélníkového tvaru, proto při sestavování nástřihového plánu bude umísťována na pás plechu pouze ve dvou variantách, a to v horizontální poloze (varianta A) nebo poloze s otočením o 90° (varianta B). Obě tyto varianty jsou se zakótovanými parametry na obr.45.

Nástřihový plán pro variantu A měl nejlepší ekonomické využití materiálu $\mu_{mA} = 45,16\%$ což v porovnání s variantou B je méně. Tabulka pro výpočet ekonomického využití materiálu pro tuto variantu byla zařazena do přílohy 5, neboť byla vybrána varianta B nástřihového plánu jejíž výpočet bude popsán níže.

Pro rozhodnutí jaké rozměry tabule plechu použít, aby bylo co nejlepší ekonomické využití materiálu slouží tab.7. Plocha výstřižku $S_v = 6021,68 \text{ mm}^2$ byla stanovena programem Autodesk Inventor Professional 2014.

Tab.7 Ekonomické využití pro variantu B

Horizontální rozdělení tabule						
Rozměry tabule	S_{Tab}	[mm]	1000 x 2000	1250 x 2500	1500 x 3000	2000 x 6000
Šířka tabule	\check{S}_{Tab}	[mm]	1000	1250	1500	2000
Šířka pásu	\check{S}_{pas}	[mm]	124,0	124,0	124,0	124,0
Délka tabule	D_{Tab}	[mm]	2000	2500	3000	6000
Krok	K	[mm]	104,0	104,0	104,0	104,0
Počet pásů z tabule	n_{PTab}	[ks]	8	10	12	16
Počet výstřižků z jednoho pásu	n_{VPas}	[ks]	19	23	28	57
Počet výstřižků z celé tabule	n_{VTab}	[ks]	152	230	336	912
Počet tabulí pro celou sérii	n_{CTab}	[ks]	1316	870	596	220
Plocha výstřižků z jedné tabule	S_{VTab}	[mm ²]	915295,36	1384986,40	2023284,48	5491772,16
Ekonomické využití materiálu	μ_{mB}	[%]	45,76%	44,32%	44,96%	45,76%
Vertikální rozdělení tabule						
Rozměry tabule	S_{Tab}	[mm]	1000 x 2000	1250 x 2500	1500 x 3000	2000 x 6000
Šířka tabule	\check{S}_{Tab}	[mm]	2000	2500	3000	6000
Šířka pásu	\check{S}_{pas}	[mm]	124,0	124,0	124,0	124,0
Délka tabule	D_{Tab}	[mm]	1000	1250	1500	2000
Krok	K	[mm]	104,0	104,0	104,0	104,0
Počet pásů z tabule	n_{PTab}	[ks]	16	20	24	48
Počet výstřižků z jednoho pásu	n_{VPas}	[ks]	9	11	14	19
Počet výstřižků z celé tabule	n_{VTab}	[ks]	144	220	336	912
Počet tabulí pro celou sérii	n_{CTab}	[ks]	1389	910	696	220
Plocha výstřižků z jedné tabule	S_{VTab}	[mm ²]	867121,92	1324769,6	2023284,48	5491772,16
Ekonomické využití materiálu	μ_{mB}	[%]	43,36%	42,39%	44,96%	45,76%

Z tabulky je patrné, že je možné vybrat si ze tří variant velikostí plechů, u kterých vyšlo ekonomické využití materiálu 45,76 %. Ovšem vzhledem k tomu, že nebudeme mít žádný podavač materiálu a práci bude vykonávat pracovník, byla zvolena varianta horizontálně dělené tabule plechu s rozměry 1000 x 2000 mm. Pásky z této tabule plechu budou pro pracovníka při manipulaci s nimi mít třikrát menší hmotnost, než kdyby byly použity jiné varianty se stejným ekonomickým využitím. Taktéž odpadne nutnost vlastnit tabulové nůžky pro stříh pásů s délkou 6000 mm, ale postačí nůžky pro stříh pásů o délce 2000 mm.

Příklad výpočtu pro vybranou variantu horizontálního rozdělení tabule plechu s rozměry 6 x 1000 x 2000 mm :

a) počet pásů z jedné tabule plechu:

$$n_{PTab} = \frac{\check{S}_{Tab}}{\check{S}_{pas}} = \frac{1000}{124} \cong 8,065 \text{ ks, počet celých pásů oceli z jedné tabule } n_{PTab} = 8 \text{ ks}$$

b) počet výstřížků z jednoho pásu plechu:

$$n_{VPas} = \frac{D_{Tab} - E}{K} = \frac{2000 - 9}{104} \cong 19,144 \text{ ks, počet výstřížků z jednoho pásu } n_{VPas} = 19 \text{ ks}$$

c) počet výstřížků z celé tabule:

$$n_{VTab} = n_{PTab} \cdot n_{VPas} = 8 \cdot 19 = 152 \text{ ks}$$

d) celkový počet tabulí plechu pro sérii:

$$n_{CTab} = \frac{n_s}{n_{VTab}} = \frac{200000}{152} \cong 1315,789 \text{ ks, počet tabulí pro vyráběnou sérii } n_{CTab} = 1316 \text{ ks}$$

e) plocha výstřížků z jedné tabule:

$$S_{VTab} = S_v \cdot n_{VTab} = 6021,68 \cdot 152 \cong 915295,36 \text{ mm}^2$$

f) ekonomické využití materiálu:

$$\mu_m = \frac{S_{VTab}}{\check{S}_{Tab} \cdot D_{Tab}} \cdot 100 = \frac{915295,36}{1000 \cdot 2000} \cdot 100 \cong 45,764 \%$$

Ekonomické využití materiálu pro zvolenou variantu a tabuli plechu je $\mu_m \cong 45,76 \%$.

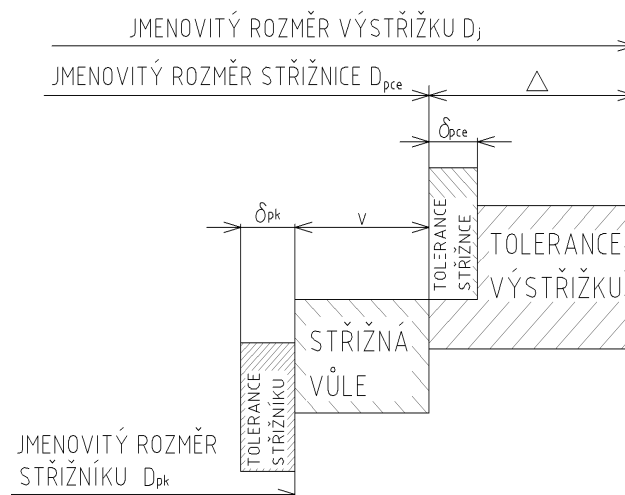
3.5 Rozměry střížníku a střížnice [1], [40], [9], [42], [22]

Pro dosažení požadovaných tolerancí je nutno mít adekvátně přesně vyrobený střížník a střížnici. Tab.8 zobrazuje přesnost nástrojů, jenž je nutná k dosažení požadované přesnosti výstřížku. Dalším důvodem stanovení přesných rozměrů střížníku a střížnice je vliv opotřebení během střížného procesu. Při tomto stanovení musí být bráno v úvahu, zda probíhá vystřihování (střížník má tvar obrysu součásti), nebo děrování (střížník vytváří otvory ve výstřížku).

Tab.8 Závislost přesnosti vystřihovaného výrobku na přesnosti nástroje [40]

Výrobní tolerance IT vystřihovaného výrobku	8 až 9	10	11	12	14	14	15
Výrobní tolerance IT střížníku a střížnice	5 až 6	6 až 7	7 až 8	8 až 9	10	11	12

- Při operaci vystřihování se vychází z rozměrů střížnice. Vlivem opotřebení se rozměry otvorů v ní zvětšují. Proto se musí vyrobit s otvory menšími, které se i při opotřebení budou nacházet v požadované toleranci výstřížku. Tím je zaručeno, že výstřížek bude stále s požadovanými rozměry. Znázornění tolerancí při vystřihování je na obr.46.



Obr. 46 Znázornění tolerancí střížníku a střížnice pro vystřihování [42]

K výpočtu výrobních rozměrů střížníku a střížnice při vystřihování jsou užity vzorce:

- a) výpočet výrobního rozměru střížnice:

$$D_{pce} = (D_j - \Delta_v) + \delta_{pce} \text{ [mm]} \quad (3.1)$$

kde: D_j - jmenovitý rozměr výstřížku [mm],

Δ_v - tolerance výstřížku [mm],

δ_{pce} - tolerance střížnice [mm].

- b) výpočet výrobního rozměru střížníku:

$$D_{pk} = (D_j - \Delta_v - v) - \delta_{pk} \text{ [mm]} \quad (3.2)$$

kde: δ_{pk} - tolerance střížníku [mm].

Netolerované rozměry výstřížku jsou určeny dle DIN ISO 2867 - MK. Tabulka s hodnotami pro určení tolerance Δ_v netolerovaných rozměrů výstřížku či otvorů je v příloze 6 společně s tabulkou pro číselné hodnoty tolerovaných rozměrů dle ČSN EN ISO 286-1. Tolerance střížnice δ_{pce} i střížníku δ_{pk} je určena směrnicemi pro výpočet a konstrukci stříhadel a střížné vůle dle ČSN 22 6015 nacházející se také v příloze 6. Pro lepší přehlednost jsou výsledné rozměry uvedeny v tab.9.

Příklad výpočtu rozměru střížnice dle vzorce 3.1:

$$D_{pce95} = (D_j - \Delta_v) + \delta_{pce} = (95 - 0,30) + 0,1 = 94,7^{+0,1}_0 \text{ mm}$$

Příklad výpočtu rozměru střížníku dle vzorce 3.2:

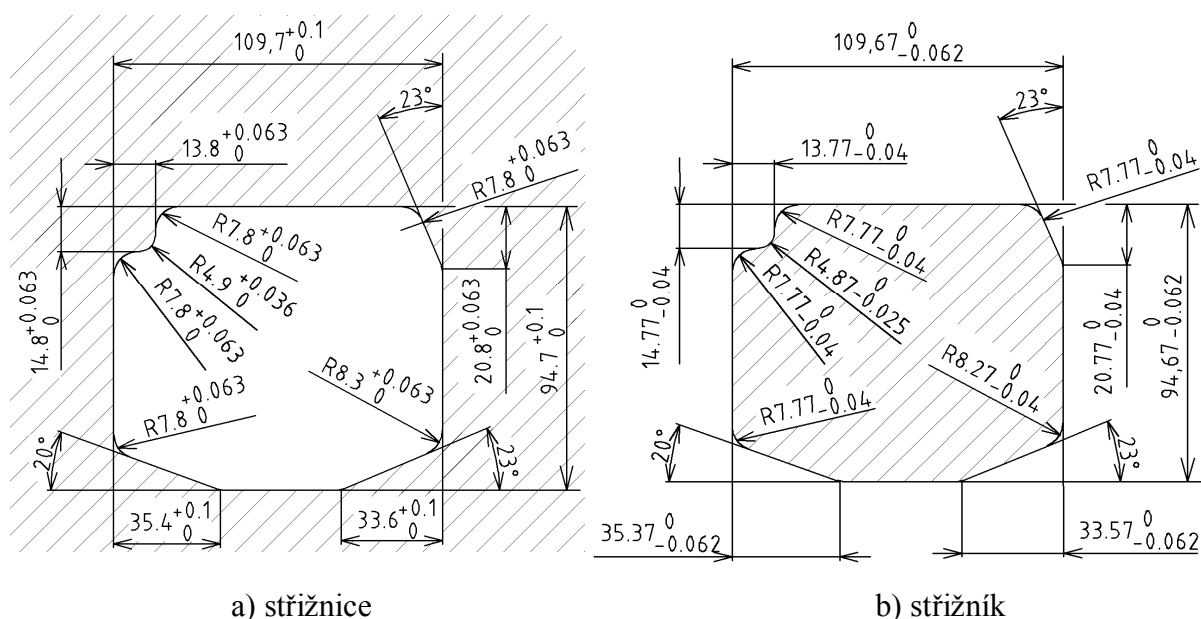
$$D_{pk95} = (D_j - \Delta_v - v) - \delta_{pk} = (95 - 0,30 - 0,030) - 0,062 = 94,67^{0}_{-0,062} \text{ mm}$$

Tab.9 Jednotlivé výrobní rozměry střížníku a střížnice

rozměry v mm

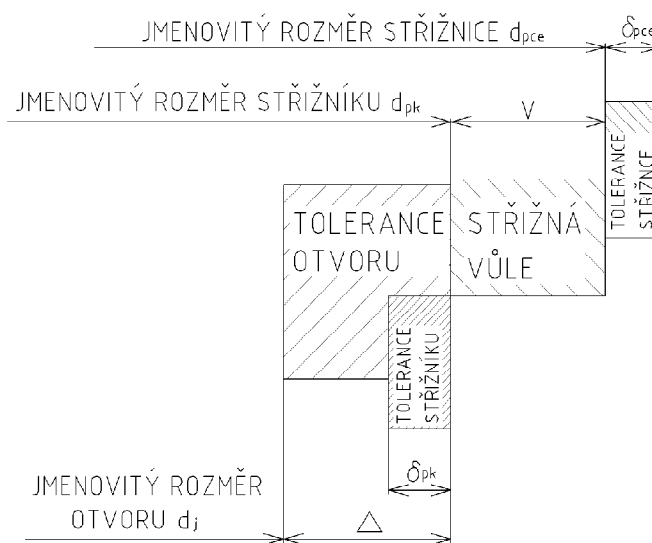
Rozměr	Výrobní rozměr střížnice	Výrobní rozměr střížníku	Rozměr	Výrobní rozměr střížnice	Výrobní rozměr střížníku
95	$94,7^{+0,1}_0$	$94,67^{0}_{-0,062}$	110	$109,7^{+0,1}_0$	$109,67^{0}_{-0,062}$
14	$13,8^{+0,063}_0$	$13,77^{0}_{-0,04}$	21	$20,8^{+0,063}_0$	$20,77^{0}_{-0,04}$
15	$14,8^{+0,063}_0$	$14,77^{0}_{-0,04}$	8,5	$8,3^{+0,063}_0$	$8,27^{0}_{-0,04}$
R8	$7,8^{+0,063}_0$	$7,77^{0}_{-0,04}$	33,9	$33,6^{+0,1}_0$	$33,57^{0}_{-0,062}$
R5	$4,9^{+0,036}_0$	$4,87^{0}_{-0,025}$	35,7	$35,4^{+0,1}_0$	$35,37^{0}_{-0,062}$

Výrobní rozměry střížníku a střížnice pro vystřihování jsou dle výpočtů zobrazeny na obr.47.



Obr. 47 Rozměry nástrojů při vystřihování

- Při operaci děrování se vychází z rozměrů střížníku. Vlivem opotřebení dochází ke zmenšování jeho rozměrů. Proto se musí vyrobit s většími rozměry, které se i při opotřebení budou nacházet v požadované toleranci vyráběné součásti. Znázornění tolerancí při děrování je na obr.48.



Obr. 48 Znázornění tolerancí střížníku a střížnice pro děrování [42]

K výpočtu výrobních rozměrů střížníku a střížnice při děrování jsou užity tyto vzorce:

- a) výpočet výrobního rozměru střížníku:

$$d_{pk} = (d_j + \Delta) - \delta_{pk} \text{ [mm]} \quad (3.3)$$

kde: d_j - jmenovitý rozměr otvoru [mm],

Δ - tolerance otvoru [mm],

- b) výpočet výrobního rozměru střížnice:

$$d_{pce} = (d_j + \Delta + v) + \delta_{pce} \text{ [mm]} \quad (3.4)$$

Velikosti jednotlivých tolerancí byly voleny podle materiálů uvedených výše. Vypočtené rozměry jsou pro přehlednost uvedeny v tab.10.

Příklad výpočtu výrobního rozměru střížníku dle vzorce 3.3:

$$d_{pk60H7} = (d_j + \Delta) - \delta_{pk} = (60 + 0,030) - 0,006 = 60,03_{-0,006}^0 \text{ mm}$$

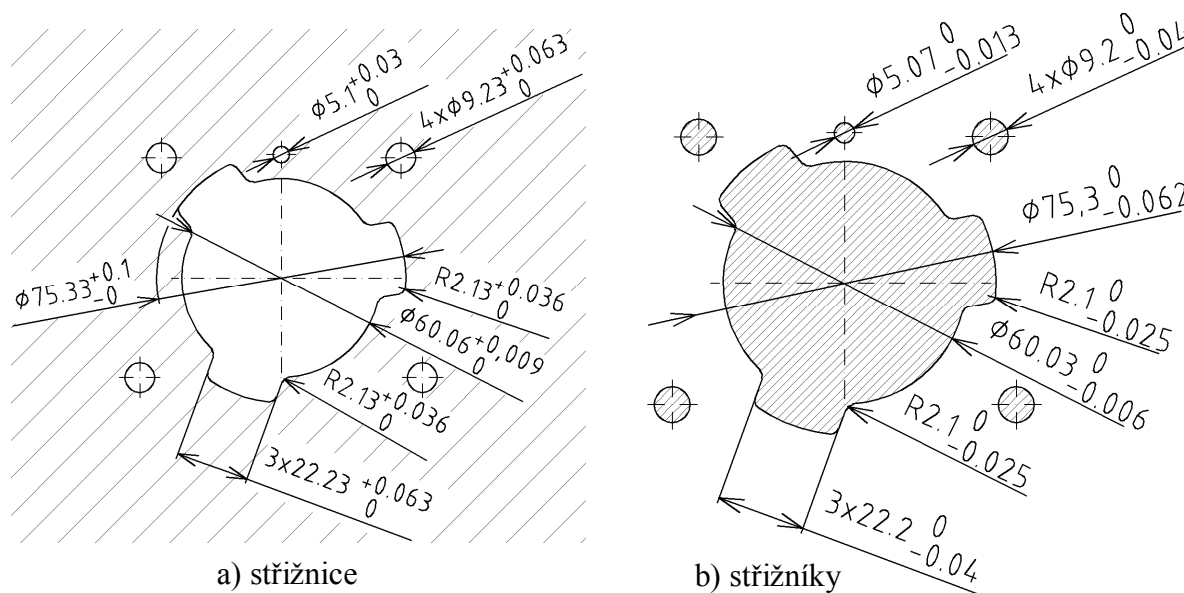
Příklad výpočtu výrobního rozměru střížnice dle vzorce 3.4:

$$d_{pce60H7} = (d_j + \Delta + v) + \delta_{pce} = (60 + 0,030 + 0,030) + 0,009 = 60,06_0^{+0,009} \text{ mm}$$

Tab.10 Jednotlivé výrobní rozměry střížníku a střížnice rozměry v mm

Rozměr	9H13	5H11	60H7	75	R2	22
Výrobní rozměr střížnice	$9,23_0^{+0,063}$	$5,1_0^{+0,03}$	$60,06_0^{+0,009}$	$75,33_0^{+0,1}$	$2,13_0^{+0,036}$	$22,23_0^{+0,063}$
Výrobní rozměr střížníku	$9,2_{-0,04}^0$	$5,07_{-0,013}^0$	$60,03_{-0,006}^0$	$75,3_{-0,062}^0$	$2,1_{-0,025}^0$	$22,2_{-0,04}^0$

Výrobní rozměry střížníku a střížnice pro vystřihování jsou dle výpočtů zobrazeny na obr.49.



Obr. 49 Rozměry nástrojů pro při děrování

3.6 Kontrola střížníku na vzpěr [9], [13]

Během stříhu může vlivem tlaku nastat u nejmenšího střížníku vzpěr, nebo jiné vybočení. To může nepříznivě ovlivnit kvalitu střížné plochy nebo poškození nástroje celkově. Proto je nutné jej zkontrolovat. Používaný střížník bude veden podložkou vyhazovače a vyhazovačem samotným, proto lze kritickou délku střížníku vypočíst dle vztahu:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E_m \cdot I}{k_b \cdot F_{s5}}} \text{ [mm]} \quad (3.5)$$

kde: E_m - modul pružnosti oceli v tahu (dle materiálu $E_m = 2 \cdot 10^5$ MPa) [MPa],

I - moment setrvačnosti daného průřezu $\left(I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}\right)$ [mm⁴],

k_b - koeficient bezpečnosti (1,5 až 2) [-],

F_{s5} - střížná síla pro otvor $d = 5$ mm [N].

Po zvolení koeficientu bezpečnosti $k_b = 1,5$ a dosazení patřičných parametrů do vztahu 3.5 bude kritická délka střížníku: $l_s \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot n$

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E_m \cdot I}{k_b \cdot F_{S5}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E_m \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64}}{k_b \cdot \pi \cdot d \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 5^4}{64}}{1,5 \cdot \pi \cdot 5 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 580 \cdot 1,5}} = 49,617 \text{ mm}$$

Volná délka střížníku by neměla přesáhnout délku $l_{krit} = 49,617 \text{ mm}$

3.7 Kontrola pevnosti střížníku [9], [13]

Střížníky mají obvykle malou délku provedení, proto je stačí kontrolovat na namáhání v tlaku. Střížník je vyroben z nástrojové oceli 19 436 a v závislosti na tepelném zpracování má dovolené napětí v tlaku v rozmezí 2 700 až 3 100 MPa. Přičemž jeho maximální dovolené napětí je $\sigma_{dov} = 2 700 \text{ MPa}$ při tepelném zpracování na 62 HRC. Kontrola pevnosti nejmenšího střížníku se provede podle vzorce:

$$\sigma_{d5} = \frac{F_{S5}}{S_5} = \frac{\pi \cdot d \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot n}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} < \sigma_{dov} [\text{MPa}] \quad (3.6)$$

kde: S_5 - plocha průřezu střížníku s průměrem $d = 5 \text{ mm}$ [mm^2],

σ_{dov} - dovolené namáhání v tlaku [MPa],

n - koeficient otupení, (volen $n = 1,2$) [-].

Po dosazení do rovnice 3.6:

$$\sigma_{d5} = \frac{F_{S5}}{S_5} = \frac{\pi \cdot d \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot n}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 580 \cdot 1,2}{\frac{\pi \cdot 5^2}{4}} = 2 672,6 \text{ MPa}$$

Z výpočtu je patrné, že $\sigma_{d5} = 2 672,6 \text{ MPa} < \sigma_{dov} = 2 700 \text{ MPa}$, nejmenší střížník tedy vyhovuje.

3.8 Kontrola střížníku na otlačení [9], [13], [22]

Vzhledem k tomu, že jsou střížníky z kvalitní nástrojové oceli, která je po kalení a popuštění velice tvrdá a pevná, mohlo by docházet ke vtlačení do podložky, která je z oceli 11 600 a je tedy mnohem méně kvalitní. Dovolené napětí při kterém ještě k otlačení nedojde je $\sigma_o = 295 \text{ MPa}$. Nejmenší střížník má průměr $d = 5 \text{ mm}$, ovšem je upnut za osazení s průměrem $d_o = 8 \text{ mm}$.

Výpočet otlačení se spočte dle vzorce:

$$\sigma_{o8} = \frac{F_{S8}}{S_8} = \frac{\pi \cdot d_o \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot n}{\frac{\pi \cdot d_o^2}{4}} [\text{mm}] \quad (3.7)$$

kde: F_{S8} - střížná síla pro kontrolovaný průměr osazení $d_o = 8 \text{ mm}$ [N],

S_8 - plocha kontrolovaného průřezu osazení [mm^2].

Po dosazení parametrů do vzorce 3.7 je výsledné napětí pro otlačení:

$$\sigma_{o8} = \frac{F_{S8}}{S_8} = \frac{\pi \cdot d_o \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot n}{\frac{\pi \cdot d_o^2}{4}} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 580 \cdot 1,2}{\frac{\pi \cdot 8^2}{4}} = 1 670,4 \text{ N}$$

Z výpočtu jasně vyplývá, že by docházelo k otlačování, neboť zjištěná hodnota otlačení $\sigma_{o8} = 1 670,4 \text{ N}$ mnohonásobně převyšuje dovolenou hodnotu otlačení $\sigma_o = 295 \text{ MPa}$. Proto bude muset být pod hlavu střížníku umístěna kalená opěrná deska. Vzhledem k tomu, že tato kontrola proběhla pro nejmenší střížník není potřeba kontrolovat na otlačení další střížníky, jelikož kalená opěrná deska bude zároveň umístěna také pod nimi.

3.9 Výška střížnice [9], [13], [22]

Jelikož je střížnice namáhána na tlak a teoreticky i na ohyb musí se stanovit její minimální výška respektive tloušťka. Výška střížnice se vypočítá podle vzorce:

$$H = \left(\sqrt{\frac{1,5 \cdot F_s}{\sigma_{\text{dovO}}}} \right) [\text{mm}] \quad (3.8)$$

kde: σ_{dovO} - dovolené napětí v ohybu (pro ocel 19 437 odpovídá $\sigma_{\text{dovO}} = 0,43 \cdot R_{m19}$) [MPa],
 R_{m19} - mez pevnosti pro ocel 19 437 ($R_{m19} = 3\,750$ MPa) [MPa].

Po dosazení parametrů do vzorce 3.8 je minimální výška střížnice:

$$H = \left(\sqrt{\frac{1,5 \cdot F_s}{\sigma_{\text{dovO}}}} \right) = \left(\sqrt{\frac{1,5 \cdot F_s}{0,43 \cdot R_{m19}}} \right) = \left(\sqrt{\frac{1,5 \cdot 3\,037\,831,2}{0,43 \cdot 3\,750}} \right) = 53,159 \text{ mm}$$

Díky tomuto zjištění by neměla mít střížnice menší výšku jak 53,159 mm. Pro konstrukci střížného nástroje byla zvolena výška střížnice $H = 54$ mm.

3.10 Výpočet tlačných a vyrážecích kolíků [9], [13], [22]

Pro bezpečný převod sil na přitlačnou desku nebo vyhazovač slouží tzv. tlačné a vyrážecí kolíky. Jejich počet ve střížném nástroji je závislý na působících silách a je určen pomocí těchto vzorců:

a) počet tlačných kolíků:

$$N_{\text{TK}} = \frac{S_p}{S_{\text{TK}}} = \frac{\frac{F_p}{3 \cdot p}}{\frac{\pi \cdot d_{\text{TK}}^2}{4}} [\text{mm}] \quad (3.9)$$

kde: S_p - plocha působení přitlačné síly [mm^2],
 S_{TK} - plocha průřezu tlačného kolíku [mm^2],
 d_{TK} - průměr tlačného kolíku [mm].

Pro střížný nástroj jsou navrženy tlačné kolíky s průměrem $d_{\text{TK}} = 28$ mm a po dosazení parametrů do rovnice 3.9 je počet tlačných kolíků:

$$N_{\text{TK}} = \frac{S_p}{S_{\text{TK}}} = \frac{\frac{F_p}{3 \cdot p}}{\frac{\pi \cdot d_{\text{TK}}^2}{4}} = \frac{\frac{548\,322,72}{3 \cdot 60}}{\frac{\pi \cdot 28^2}{4}} = 3,269 \text{ ks, pro konstrukci je voleno } N_{\text{TK}} = 4 \text{ ks}$$

b) počet vyrážecích kolíků:

$$N_{\text{VK}} = \frac{S_v}{S_{\text{VK}}} = \frac{\frac{F_v}{3 \cdot p}}{\frac{\pi \cdot d_{\text{VK}}^2}{4}} [\text{mm}] \quad (3.10)$$

kde: S_v - plocha působení vyhazovací síly [mm^2],
 S_{VK} - plocha průřezu vyrážecího kolíku [mm^2],
 d_{VK} - průměr vyrážecího kolíku [mm].

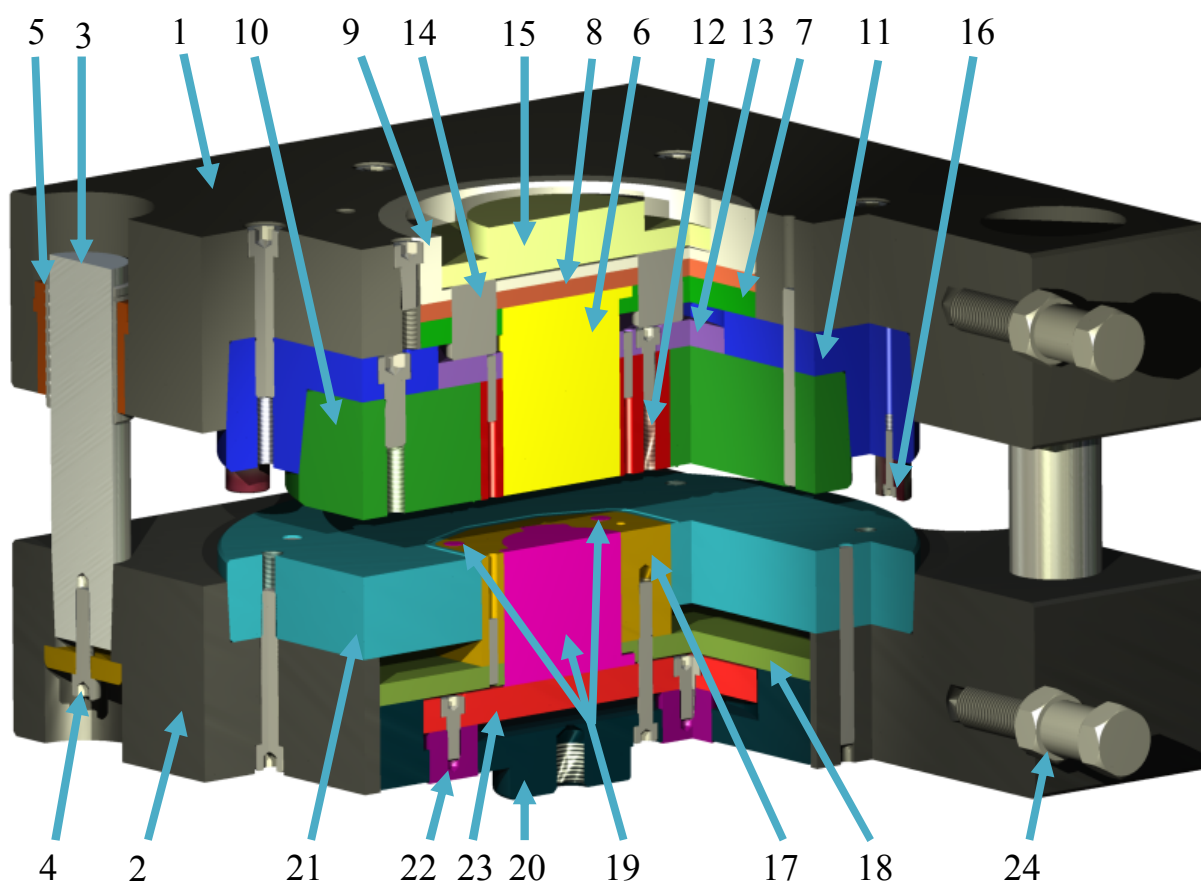
Pro střížný nástroj jsou navrženy vyrážecí kolíky s průměrem $d_{\text{VK}} = 26$ mm a po dosazení parametrů do rovnice 3.9 je počet vyrážecích kolíků:

$$N_{\text{VK}} = \frac{S_v}{S_{\text{VK}}} = \frac{\frac{F_v}{3 \cdot p}}{\frac{\pi \cdot d_{\text{VK}}^2}{4}} = \frac{\frac{361\,300,8}{3 \cdot 60}}{\frac{\pi \cdot 26^2}{4}} = 3,780 \text{ ks, pro konstrukci je voleno } N_{\text{VK}} = 4 \text{ ks}$$

Jelikož jsou kolíky ze stejného, nebo velmi podobného materiálu jako jsou střížníky, není potřeba je kontrolovat na pevnost. Jsou asi pětikrát většího průměru jak nejmenší kontrolovaný střížník.

3.11 Princip střížného nástroje [9], [40], [41]

Jako konstrukční řešení byl zvolen typ střížného nástroje s pohyblivým střížníkem a pevnou přitlačnou deskou. Nástroj byl konstruován dle směrnic ZBROJOVKY Brno pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání. Všechny prvky nástroje jsou uloženy v masivním stojánku, který zajišťuje celkovou stabilitu a pevnost celé konstrukce. Řez střížným nástrojem s označením důležitých částí je na obr.50. Podrobnější rozložení jednotlivých částí se nachází v příloze 7. Celkový výkres sestavy střížného nástroje je ve výkresové dokumentaci.



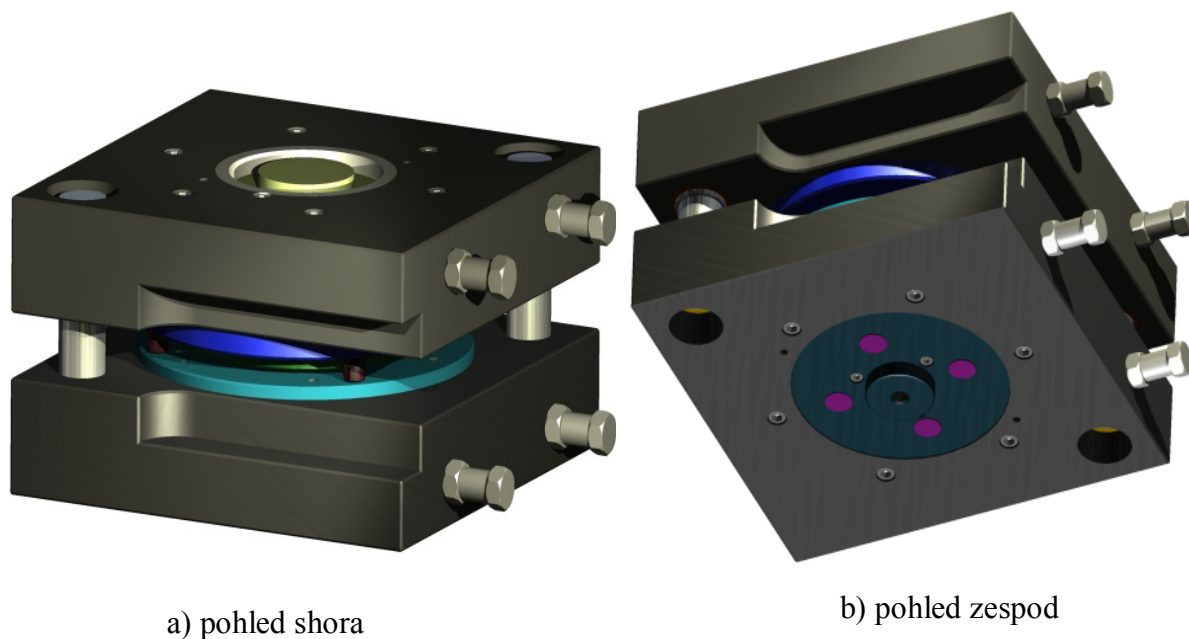
Obr. 50 Řez střížným nástrojem

Nástroj je tvořen dvěma polovinami vodícího stojánu. Horní upínací deska vodícího stojánu (1) je spojena se základovou deskou vodícího stojánu (2) pomocí vodících sloupků (3). Tyto sloupky jsou zasazeny do vodícího stojánu úhlopříčně a mají různou velikost. Tím se zabrání špatnému nasazení horní upínací desky. Sloupky jsou v základové desce ustaveny pomocí kuželovitého otvoru který zajistí nejvyšší možnou kolmost a přesnost. Ze spodní strany jsou sloupky zajištěny podložkou se šroubem (4). V horní upínací desce jsou sloupky vedeny pomocí kuličkových klecí umístěných v pouzdrech (5) a zajištěny proti vypadnutí pojistným kroužkem.

V horní části upínací desky jsou umístěny střížníky (6) pro děrování tvarového otvoru, otvorů pro šrouby a otvorů pro středící kolík. Ty jsou přesně ustaveny v kotevní desce (7) pomocí osazení a nad ně je umístěná kalená opěrná deska (8) zabráňující otlacení střížníků do horní podložky (9), která je nalicována přechodným uložením H7/j6 do horní upínací desky.

Dále byla volena dělená střížnice s tlačnou hranou (10), z důvodu předpokládaného častého opotřebení a následné jednoduché vyměnitelnosti. Střížnice je určena k zalisování s uložením H7/p6 do zděře střížnice (11). Ve zděři je ustavena pomocí kuželové plochy a dvou válcových kolíků rozdílného průměru, jenž prochází až do horní upínací desky. Zděř střížnice má také vnější kuželovou plochu, kterou je zajištěna kolmost a taktéž je určena k zalisování do horní upínací desky s uložením H7/p6. Polohu zajišťují výše zmíněné kolíky a jako další zajištění jsou střížnice se zděří a zděř s horním upínacím deskou sešroubovány. Mezi střížnicí a střížníky je umístěn vyhazovač (12), který zajišťuje vyvození vyhazovací síly naproti střížníku. Vyhazovač je vystředěn a upnut do podložky vyhazovače (13) pomocí kolíků a šroubů. Vyhazovací síla je přenášena přes vyhazovací kolíky (14) umístěné na podložce vyhazovače a vedeny v horní podložce. Tato síla je vytvářena vyhazovacím kroužkem (15). Aby bylo zabráněno poškození tlačných hran při přemísťování střížného nástroje, jsou po obvodě zděře střížnice umístěny výškové dorazy (16), které zamezí styku protilehlých tlačných hran.

V základové desce vodícího stojánu jsou komponenty uspořádány podobným způsobem, ovšem střížníky a vyhazovače plní opačnou funkci než v horní upínací desce. Střížník pro vystřihování obrysu součásti (17) je vystředěn kolíky v podložce střížníku (18). Uvnitř otvorů střížníku, které nyní plní funkci střížnice pro děrování jsou pohyblivé vyhazovače (19). Ty jsou pomocí osazení uloženy v podložce střížníku. Na tuto podložku přenáší střížnou sílu držák střížníku (20) a pohybuje během stříhání se střížníkem uvnitř spodní přítlačné desky (21). Přítlačná deska je nedělená a opatřena kuželovou plochou a také je určena k zalisování do základové desky s uložením H7/p6. Navíc je ustavena pomocí kolíků procházející základovou deskou a upevněna šrouby. Během stříhu se přes tlačné kolíky (22) připojené šrouby k opěrné desce vyhazovačů (23) přenáší tlačná síla, jenž tlačí naproti horním střížníkům. Pro přenos a manipulaci se střížným nástrojem jsou na horní upínací desce i na základové desce umístěny čtyři úchytné čepy (24). Pohledy na střížný nástroj během sevření jsou na obr.51.



Obr. 51 Střížný nástroj v sevření

3.12 Volba lisu [14], [26]

Pro volbu lisu je nutné zvážit mnoho faktorů, jak již bylo zmíněno v kap.2.5. Na základě vypočtené celkové střížné síly $F_c \cong 3\,947,45 \text{ kN}$ a půdorysného rozměru střížného nástroje (410 x 412) mm a jeho výšky rozevření 244 mm byl zvolen hydraulický lis Feintool HFA 8800plus, jenž splňuje všechny požadavky a je na obr.52. Celková síla tohoto lisu o mnoho přesahuje celkovou potřebnou sílu, avšak lisy nižších tříd mají nedostatečný zdvih beranu lisu. Parametry lisu byly přehledně sepsány do tab.11.

Tab.11 Technické parametry lisu HFA 8800 plus [14]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Celková síla	kN	5 850 - 8 800
Síla přidržovače	kN	400 - 4 000
Síla vyhazovače	kN	200 - 2000
Zdvih beranu	mm	200/305
Počet zdvihů za minutu	$\text{n} \cdot \text{min}^{-1}$	55
Rychlost stříhu	$\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	5 - 70
Šířka pásu	mm	40 - 450
Tloušťka materiálu	mm	16
Celkový příkon (50Hz/60Hz)	kW	192/220
Hmotnost	kg	62 000



Obr. 52 Lis Feintool HFA 8800plus [14]

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [21], [24]

Pro jasnou představu o tom, že zvolená bude technologie a technické prostředky k ní navržené vhodné, je to potřeba shrnout v technickém zhodnocení. Dále je nutno stanovit přehledné ekonomické zhodnocení u něhož bude výstupem stanovení bodu zvratu. Díky němu získáme představu při kolika vyrobených kusech se technologie stane ziskovou.

4.1 Technické zhodnocení [14], [21]

Pro výrobu byl určen trojčinný hydraulický lis HFA 4500plus, jenž vyhoví v požadovaných silových a rozměrových parametrech. Je vhodný pro stříhání pásového materiálu o tloušťce až 16 mm a šířce až 350 mm přičemž stanovená šířka pásu je $\dot{S}_{pas} = 124$ mm. Střížný nástroj, který bude upnut do lisu má půdorysné rozměry 410 x 412 mm a výšku při rozevření 264 mm. Součást bude vyráběna na jeden zdvih, což při výše zmíněných parametrech činí $55 \text{ ks} \cdot \text{min}^{-1}$. Z důvodu velké tloušťky plechu se neuvažovalo použití ocelových svitků. Proto také nebude nutné zařazovat k lisu další zařízení jako odvíjecí nebo rovnací zařízení.

4.2 Ekonomické zhodnocení [21], [24], [33]

Aby bylo možné ověřit, zda se zvolená technologie a zařízení vyplatí, je potřeba vytvořit si základní představu o cenách a zjistit při kolika vyrobených kusech se technologie začne stávat ziskovou. K tomu slouží takzvaný výpočet bodu zvratu, k němuž je ovšem nutné posoudit náklady na materiál a výrobu nástroje. Pro zjednodušení výpočtů není uvažována cena výrobních zařízení jako je lis nebo tabulové nůžky.

- Náklady na materiál - jsou nejnákladnější položka, která ovlivňuje celkové náklady na výrobu. Materiál určený pro výrobu jsou korozivzdorné tabule plechu z oceli 17 240 (X 5 CrNi 18 - 10) dodávané firmou ITALINOX s.r.o. s rozměry (6 x 1 000 x 2 000) mm. Tyto tabule budou děleny tabulovými nůžkami na pásy (6 x 124 x 2 000) mm.

Hmotnost tabulí plechů s měrnou hmotností $\rho_m = 7\,900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ pro výrobu celé série $n_s = 200\,000$ ks je spočtena dle vztahu:

$$m_{pl} = t \cdot \dot{S}_{Tab} \cdot D_{Tab} \cdot \rho_m \cdot n_{CTab} = 0,006 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 7\,900 \cdot 1316 = 124\,756,8 \text{ kg} \quad (4.1)$$

Cena za 1 kg materiálu je stanovena na $C_{kg} = 99,6$ Kč. Celková cena za nakoupené plechy činí:

$$C_{pl} = C_{kg} \cdot m_{pl} = 99,6 \cdot 124\,756,8 = 12\,425\,777,28 \text{ Kč} \quad (4.2)$$

Dle ekonomického využití materiálu $\mu_{mB} = 45,76\%$ je stanovena hmotnost odpadu:

$$m_{od} = \frac{\mu_{mB}}{100} \cdot m_{pl} = \left(1 - \frac{45,76}{100}\right) \cdot 124\,756,8 = 67\,668,09 \text{ kg} \quad (4.3)$$

Výkupní cena 1kg korozivzdorného materiálu byla stanovena na $C_{ner} = 22$ Kč, cena odpadu potom bude spočtena dle vzorce:

$$C_{od} = C_{ner} \cdot m_{od} = 22 \cdot 67\,668,09 = 1\,488\,697,98 \cong 1\,488\,698 \text{ Kč} \quad (4.4)$$

Celkové náklady na materiál pro sérii budou :

$$N_{Mat} = C_{pl} - C_{od} = 12\,425\,777,28 - 1\,488\,698 = 10\,937\,079,28 \text{ Kč} \quad (4.5)$$

- Náklady na nástroj - zahrnují celkovou cenu materiálu použitého pro výrobu střížného nástroje, normovaných dílů, cenu tepelného zpracování, mezd pracovníků na jeho výrobu a montáž. Pro zpřehlednění je v tab.12 zobrazena průměrná cena použitých ocelí.

Tab.12 Ceny za materiál [27]

Třída materiálu	Hmotnost	Cena za 1 kg	Celková cena
	[Kg]	[Kč]	[Kč]
ocel třídy 11	170,15	25,46	4 332,04
ocel třídy 14	3,89	32,30	125,58
ocel třídy 19	68,50	129,30	8 857,05
CELKOVÁ CENA			13 814,62

Celková kupní cena potřebného materiálu na nástroj je tedy $C_{\text{Mat}} = 13\,814,62$ Kč.

Při výrobě střížného nástroje je zapotřebí zkušených nástrojářů a operátorů CNC strojů, díky těmto CNC zařízením bude možné zajistit požadovanou přesnost komponent nástroje. Čas výroby nástroje je určen na 350 Nh, přičemž cena operátora CNC nebo nástrojáře činí $150\text{Kč} \cdot \text{h}^{-1}$. Jednicové mzdy potom činí:

$$M_j = 350 \cdot 150 = 52\,500 \text{ Kč}$$

Dále se musí stanovit náklady na zpracování jako výrobní režie, správní režie, tepelné zpracování a jiné. Náklady na zpracování se určí jako pětinašobek jednicové mzdy dle vzorce:

$$N_{\text{zp}} = 5 \cdot M_j = 5 \cdot 52\,500 = 262\,500 \text{ Kč} \quad (4.6)$$

Celkové náklady na výrobu nástroje poté budou :

$$N_{\text{Nas}} = C_{\text{Mat}} + N_{\text{zp}} = 13\,814,62 + 262\,500 = 276\,314,62 \text{ Kč} \quad (4.7)$$

- Stanovení bodu zvratu - pro správné stanovení je nutné posuzovat dva typy nákladů. Náklady fixní (F_N), které jsou stálé a nepřímě se váží na cenu výrobku, například nájmy, úvěry, mzdy managementu a jiné. Druhým typem nákladů jsou variabilní náklady (V_N), jež přímo ovlivňují cenu výrobku. Mezi variabilní náklady patří zejména náklady na polotovary a materiál potřebný pro výrobu, doprava materiálu, přímé energie a mzdy výrobních (realizačních) pracovníků.

Při teoretické produkci lisu $55 \text{ ks} \cdot \text{min}^{-1}$ určené, dle možného počtu zdvihů lisu, byly odhadnuty náklady mzdy jednoho výrobku. S přihlédnutím ke zvoleným koeficientům výrobních a správních režijních nákladů, jež tvoří poměrnou část nákladů na zpracování, byly stanoveny celkové roční náklady na mzdy dle výpočtu:

$$N_{\text{rok}} = N_{\text{výr}} \cdot n_s \cdot (V_r + S_r) = 0,8 \cdot 200\,000 \cdot (3,5 + 1,2) = 752\,000 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

kde: $N_{\text{výr}}$ - náklady mezd pro jeden výrobek (odhadnuty na $N_{\text{výr}} = 0,8 \text{ Kč}$) [Kč],

V_r - Koeficient výrobní režie (Volen $V_r = 3,5$) [-],

S_r - Koeficient správních režii (Volen $S_r = 1,2$) [-].

Materiálové náklady na jeden výrobek:

$$N_{\text{MatKS}} = \frac{N_{\text{Mat}}}{n_s} = \frac{10\,937\,079,28}{200\,000} = 54,68 \text{ Kč} \quad (4.9)$$

Náklady na výrobu jednoho výrobku při uvažování doby životnosti střížného nástroje jeden rok:

$$V_N = \frac{N_{\text{rok}} + N_{\text{Nas}}}{n_s} + N_{\text{MatKS}} = \frac{752\,000 + 276\,314,62}{200\,000} + 54,68 = 59,82 \text{ Kč} \quad (4.10)$$

Celková cena výrobku se stanoví připočtením zisku v hodnotě 35%. Výsledná prodejní cena jednoho výrobku byla spočtena dle vzorce:

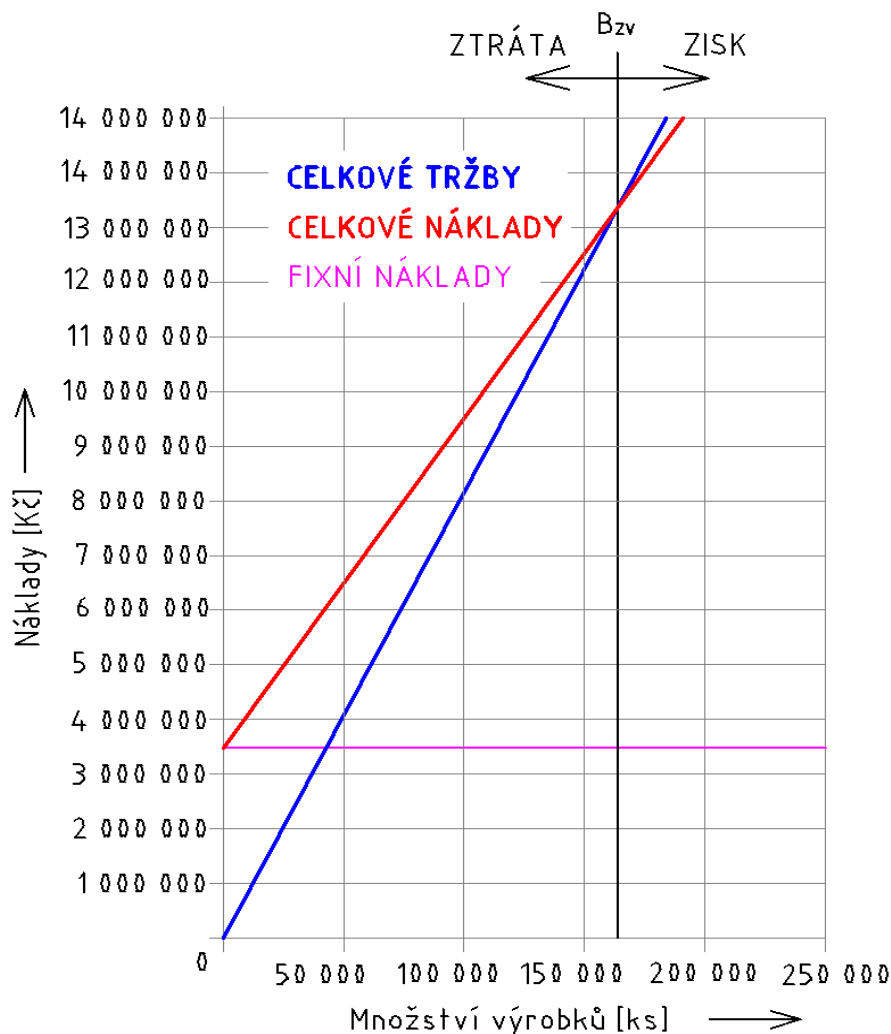
$$P_c = N_{ks} \cdot 1,35 = 59,82 \cdot 1,35 = 80,76 \text{ Kč} \quad (4.11)$$

Pro stanovení bodu zvratu je potřeba posuzovat vzhledem k fixním nákladům, k těm ovšem nejsou dostupné informace proto byly odhadnuty na $F_N = 3\,465\,000$ Kč.

Výpočet bodu zvratu se poté spočte dle vzorce:

$$B_{zv} = \frac{F_N}{P_c - V_N} = \frac{3\,465\,000}{80,76 - 59,82} = 165\,472,78 \cong 165\,472 \text{ ks} \quad (4.12)$$

Zobrazení bodu zvratu vycházejícího z předchozích výpočtů je na obr.53.



Obr. 53 Zobrazení bodu zvratu [21]

Z výpočtu i zobrazení v grafu je patrné že výroba se začne stávat ziskovou po vyrobení 165 472 ks výrobků. Uvažovaná sériovost $n_s = 200\,000$ ks bude tedy zisková.

Vzhledem k uvažovaným vysokým fixním nákladům na počátku výroby by výroba této součásti nebyla vhodná pro menší firmy. Metoda přesného stříhání je velmi vhodná, jelikož snižuje počet potřebných strojních zařízení a s tím i potřebný počet zaměstnanců a mezd. Při výpočtech nákladů nebyla uvažována cena voleného lisu. Pouze při volbě fixních nákladů byla uvažována poměrná část ceny lisu, neboť se předpokládá, že je lis firmou vyrábějící zadanou součást již koupen a z části splacen.

5 ZÁVĚRY

Vyráběná součást slouží jako držák a podložka válce pro rozšíření jeho zdvihu. Zadaná sériovost součásti byla stanovena na $200\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$. Nachází se v agresivním prostředí proto na její výrobu byla navržena ocel s označením dle ČSN 17 240. Jedná se o vysoce legovanou korozivzdornou ocel, která odolá drsným podmínkám vnější i vnitřní strany válce.

U součásti bylo provedeno technologické zhodnocení, kterému vyhověla. Následně byly posuzovány varianty výroby, ze kterých vzhledem k tloušťce součásti $t = 6 \text{ mm}$ a požadované rozměrové přesnosti byla vybrána technologie přesného stříhání s tlačnou hranou. Pro ekonomické zhodnocení využití materiálu a polohy součásti na pásu plechu byly posouzeny různé velikosti tabulí plechů od firmy ITALINOX s.r.o., z nichž nejlepší varianta byla tabule horizontálně dělená s rozměry $(6 \times 1000 \times 2000) \text{ mm}$. Ekonomické využití materiálu této varianty bylo stanoveno na $\mu_{mB} = 45,76 \%$.

Po kontrolních výpočtech a výpočtech tolerancí jednotlivých rozměrů střížníků a střížnic byla provedena konstrukce střížného nástroje. Konstrukce vycházela z podkladů směrnic pro přesné stříhání s tlačnou hranou podniku Zbrojovka Brno. Střížný nástroj byl konstruován s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem. Dle konstrukce byl zpracován výkres sestavy a výrobní výkresy všech střížníků a střížnic.

Pro volbu lisu byla dle parametrů zadané součásti stanovena celková střížná síla $F_c \cong 3\,947,45 \text{ kN}$ skládající se ze síly střížné, síly na přidržovači a síly vyhazovací. Dalším parametrem ovlivňující výběr lisu byly půdorysné rozměry zkonstruovaného střížného nástroje $(410 \times 412) \text{ mm}$ a jeho výšky rozevření 244 mm . Dle těchto parametrů byl zvolen hydraulický lis Feintool HFA 8800plus, který zmíněné požadavky splňuje.

Aby bylo možné říci, zda je zvolená technologie vhodná a zisková byl stanoven bod zvratu. Dle provedených výpočtů a grafického znázornění byl stanoven na $165\,472 \text{ ks}$. Tento počet kusů stanovuje hranici, kdy jsou celkové náklady a celkové tržby sobě rovny. Pro uvažovanou sériovost $200\,000 \text{ ks} \cdot \text{rok}^{-1}$ a volenou technologii přesného stříhání s tlačnou hranou, byla tedy technicko-ekonomickým zhodnocením zaručena ziskovost.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Akademie tváření: Technologičnost konstrukce v návrhu výstřížků. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2011 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-technologicnost-konstrukce-v-navrhu-vystrizku.html>
2. AUREMO: Nerezová ocel a neželezné kovy. 2014. *Válcované za studena plechy pásy: SUS 304* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.auremo.cz/grade-list-i085-m-SUS-304.html>
3. BOLJANOVIC, Vukota. *Sheet metal forming processes and die design*. New York: Industrial Press, 2004, xix, 219 p. ISBN 08-311-3182-9.
4. Cutting Edge of Precision Waterjet Systems. *Medical Device Network* [online]. 2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.medicaldevice-network.com/features/feature98991/feature98991-1.html>
5. DAESUNG FINE TEC. 2005. *Dsfinetec.com: Clutch hub Plate* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.dsfinetec.com/english/product/automobile.asp>
6. Design Guide - Basic Fineblanking Process. *Partech fineblanking* [online]. 2011 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://www.partechfineblanking.com/design_guide/index.htm
7. DVOŘÁK, Milan. 2007. *Technologie tváření: plošné a objemové tvaření*. 2. vyd. Brno: CERM, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
8. DVOŘÁK, Milan. *Technologie tváření: návody do cvičení*. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 103 s. ISBN 80-214-2881-3.
9. DVOŘÁK, Milan. *Technologie tváření: návody do cvičení*. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 103 s. ISBN 80-214-2881-3.
10. FINDRA, Luděk a Roman HALTUF. 2010. Akademie tváření: Stříhání. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
11. Fineblanking. *Feintool* [online]. 2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.feintool.com/en/products-services/fineblanking/technology.html>
12. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
13. GUIDI, A. *Přístřihování a přesné stříhání*. Praha : Nakladatelství technické literatury SNTL , 1969. 138 s.
14. HFaplus – hydraulic range: Highly flexible press concept for optimum productivity. *FEINTOOL* [online]. 2010 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.feintool.com/en/products-services/fineblanking/products/presses-and-systems/hfaplus-range.html>
15. HUMÁR, Antonín. 2004. TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část. *Technologie I* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf
16. CHPS s.r.o. 2011. *Laser: Technologie* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.chps.cz/rezani-laserem/technologie>

17. Fine Blanking. *PRECISION AUTOMOTIVE ENGINEERING* [online]. 2013 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.wildautomotive.com/processes/fine-blanking/>
18. INOX, spol. s r. o. 2009. *Nerezové materiály: Nerezová ocel 1.4301* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.inoxspol.cz/nerezova-ocel-14301.html>
19. J.S.Engineerin works. 2010. *Jsenggworks.com: Fine blanket components* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.jsenggworks.com/fine-blanked-components.htm>
20. KONTURA TOOLS. 2007. *Konturatools.cz: Přesný stříh* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.konturatools.cz/aktualita/02-07-2007-presny-strih-vice-nez-jen-vyrobní-metoda>
21. KRYCÍ PŘÍSPĚVKY A BOD ZVRATU. *SyNext* [online]. 2008 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.synext.cz/kryci-prispevky-a-bod-zvratu.html>
22. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. 2008. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. dopl. vyd. Úvaly: Albra, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
23. *Metal forming handbook*. Berlin: Springer, 1998, xx, 563 s. ISBN 35-406-1185-1. Dostupné také z: <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/aan-ardian-mpd/3c-handbook-metal-forming.pdf>
24. Nerezové plechy PN. *Anaconda* [online]. 2009 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.a20.cz/10080/>
25. NOVEL: Nerezová ocel. 2011. *Materiálove normy* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.novel.sk/materialove-normy/>
26. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství technické literatury SNTL, 1980, 214 s.
27. Ocel čtvercová - S355J2. *KONDOR: Hutní materiály* [online]. 2013 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/ocel-ctvercova-s355j2/c-1540/>
28. OCTOPUS TOOLS. 2008. *Převody materiálů DIN - ČSN - W.Nr.* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://www.octopustools.com/normy_materialu.php
29. Orgakiseiko.co. 2010. *Orgakiseiko.co* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.orgakiseiko.co.jp/e/products/04.html>
30. Partzilla. 2012. *Honda Scooter Parts 2001 SA50 A CYLINDER + CYLINDER HEAD Diagram* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.partzilla.com/parts/search/Honda/Scooter/2001/SA50+A/CYLINDER+%2B+CYLINDER+HEAD/parts.html>
31. PLASMA CZ: Prodejna hutního materiálu. 2011. *Plasma přednosti a nevýhody* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.plazmacz.cz/plazma-prednosti-a-nevyhody/>
32. Plazma, autogen nebo laser? 2010. *Technika a trh: průvodce světem průmyslu* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.technikaatrh.cz/aktuality/plazma-autogen-nebo-laser>
33. PLECHY VÁLCOVANÉ ZA STUDENA AISI 304. *ITALINOX: Partner, který nerezaví* [online]. 2013 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.italinox.cz/default.aspx?p1=italinox>

34. Podložka pod válec. 2015. *Scooter-tuning* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.scooter-tuning.cz/podlozka-pod-valec-8>
35. ROČNÍKOVÝ PROJEKT I: Strojírenství. FOREJT, Milan. *Odbor technologie tváření kovů a plastů* [online]. 2002 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/rocnikovy_projekt_I_forejt.pdf
36. Řezání vodou. *Rezeme-vodou.cz* [online]. 2011 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.rezeme-vodou.cz/rezani-vodnim-paprskem.php>
37. SERIÁL NA TÉMA LASERY - LASEROVÉ ŘEZÁNÍ (LASER CUTTING). 2013. *LASERY A OPTIKA* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---laserove-rezani-laser-cutting-129>
38. Sheet Metal Cutting (Shearing). *Custompartnet* [online]. 2009 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.custompartnet.com/wu/sheet-metal-shearing>
39. Sheet Metal Cutting. *The library of manufacturing* [online]. 2011 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: Technologie plošného tváření - stříhání. *Katedra strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci* [online]. 2010 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm
40. SOLFRONK, Pavel. *Nástroje pro plošné tváření*. Vyd. 1. V Liberci: Technická univerzita, 2014, 106 s. ISBN 978-80-7494-155-9.
41. VYSKOCIL, Oldřech a Pavel BARTOŠ. 30. *Smernice pro konstrukci nástroju pro přesné stříhání (ucební texty)*. Brno : Zbrojovka Brno n. p., 1977. 88 s.
42. *STŘÍHADLA A STŘIŽNÉ VŮLE: Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1975.
43. SWISS PROFILE. 2011. *PX Precimet sa* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.swissprofile.com/data/documents/fiches-techniques/EN/304.pdf>
44. Technologie plošného tváření - stříhání. *Katedra strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci* [online]. 2010 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm
45. Teorie tváření kovů_SPS Frydek-Místek. 2012. In: *TEORIE TVÁŘENÍ KOVŮ učební pomůcka* [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.spravnysmer.cz/web/file.php?id=183>
46. Trimming on Vertical Press. *Stalcop* [online]. 2014 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: Fineblanking. *Feintool* [online]. 2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.feintool.com/en/products-services/fineblanking/technology.html>
47. Twister fine plasma. *Komatsu plasma* [online]. 2011 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.komatsuplasma.com/kai/ctd/en/tfp/>
48. Vyhazovače. *COMPREX* [online]. 2008 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/normovane-dily/vyhazovace/valcove-vyhadzovace-din-1530-iso-6751/vyhazovac-s-valcovou-hlavou-din-iso-6751-nitrid-lesteny-nitrid-oxidovany-typ-a.html>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Jednotka	Legenda
a	[mm]	Vzdálenost špičky tlačné hrany od střížné křivky
A ₈₀	[%]	Tažnost
a _{min}	[mm]	Minimální vzdálenost otvoru od hrany výstřížku
A _s	[J]	Střížná práce
b	[mm]	Šířka zářezu
B _{zv}	[ks]	Bod zvratu
c	[-]	Koeficient střížné vůle pro přesné stříhání
C _{kg}	[Kč]	Cena za kilogram materiálu na výrobu
C _{mat}	[Kč]	Kupní cena potřebného materiálu na nástroj
CNC		Computer numerical control
C _{ner}	[Kč]	Výkupní cena jednoho kilogramu korozivzdorného materiálu
C _{od}	[Kč]	Cena odpadu
C _{pl}	[Kč]	Celková cena za nakoupené plechy
d	[mm]	Průměr nejmenšího střížníku
D _{ji}	[mm]	Jmenovitý rozměry výstřížku
d _{ji}	[mm]	Jmenovitý rozměry otvorů
d _{min}	[mm]	Minimální průměr otvorů výstřížku
d _o	[mm]	Průměr osazení
d _{pcei}	[mm]	Výrobní rozměry střížnice pro děrování
D _{pki}	[mm]	Výrobní rozměry střížnice pro vystřihování
D _{pki}	[mm]	Výrovní rozměry střížníku pro vystřihování
d _{pki}	[mm]	Výrobní rozměr střížníku pro děrování
D _{Tab}	[mm]	Délka tabule
d _{TK}	[mm]	Průměr tlačného kolíku
d _{VK}	[mm]	Průměr vyrážecího kolíku
E	[mm]	Velikost můstku
E _m	[MPa]	Modul pružnosti v tahu
F	[mm]	Velikost postranního odpadu
F _c	[N]	Celková střížná síla
F _{max}	[N]	Maximální dosažená síla během stříhu
F _N	[Kč]	Fixní náklady
F _p	[N]	Síla přidržovače
F _s	[N]	Střížná síla
F _v	[N]	Síla vyhazovače
h	[mm]	Vnitřní vzdálenost špičky tlačné hrany od plochy přítlačné desky
H	[mm]	Výška střížnice
h _l	[mm]	Vnější vzdálenost špičky tlačné hrany od plochy přítlačné desky
h _f	[mm]	Velikost fazetky střížnice
HRC	[-]	Tvrdost podle Rockwella

Označení	Jednotka	Legenda
HV	[-]	Tvrdost podle Vickerse
I	[mm ⁴]	Moment setrvačnosti daného průřezu
K	[mm]	Krok
k _b	[-]	Moment setrvačnosti daného průřezu
k _m	[MPa]	Odpor materiálu proti vnikání tlačných hran
L _h	[mm]	Délka tlačné hrany
L _h	[mm]	Délka tlačné hrany
l _{krit}	[mm]	Kritická délka střížníku
l _s	[mm]	Délka stříhu
m	[mm]	Střížná mezera
M _j	[Kč]	Jednicové mzdy
m _{od}	[kg]	Hmotnost odpadu
m _{pl}	[kg]	Hmotnost jednoho plechu
n	[-]	Koeficient otupení nože
n _{CTab}	[ks]	Počet tabulí pro celou sérii
N _h	[-]	Normohodina
N _{Mat}	[Kč]	Celkové náklady na materiál pro celou sérii
N _{MatKS}	[Kč]	Materiálové náklady na jeden výrobek
N _{nas}	[Kč]	Náklady na nástroj
n _{pTab}	[ks]	Počet pásů z jedné tabule plechu
N _{rok}	[Kč]	Celkové roční náklady na mzdu
n _s	[ks · rok ⁻¹]	Uvažovaná sériovost
N _{TK}	[ks]	Počet tlačných kolíků
N _{VK}	[ks]	Počet vyrážecích kolíků
n _{VPas}	[ks]	Počet výstřížků z jednoho pásu
n _{VTab}	[ks]	Počet výstřížků z celé tabule
N _{zp}	[Kč]	Náklady na zpracování
p	[MPa]	Měrný tlak
P _c	[Kč]	Prodejní cena výrobku
R	[mm]	Zaoblení tlačné hrany
R	[mm]	Poloměr zaoblení tlačné hrany
R _a	[μm]	Střední aritmetická úchylka profilu povrchu
R _a , r _a	[mm]	Minimální vnější rádius
R _i , r _i	[mm]	Minimální vnitřní rádius
R _m	[MPa]	Mez pevnosti
R _{m19}	[Mpa]	Mez pevnosti oceli 19 437
R _{p0,2}	[MPa]	Mez kluzu
S	[mm ²]	Plocha stříhané součásti
s	[mm]	Dráha uražená střížníkem
s _l	[mm]	Dráha nože při stříhu
S _p	[mm ²]	Plocha působení přitlačné síly

Označení Jednotka Legenda

Sr	[-]	Koeficient správní režie
S _{TK}	[mm ²]	Plocha průřezu tlačného průřezu
S _V	[mm ²]	Plocha působení vyhazovací síly
S _{VK}	[mm ²]	Plocha průřezu vyřezacího kolíku
S _{VTSab}	[mm ²]	Plocha výstřižků z jedné tabule
Š _{pas}	[mm]	Šířka pásu
Š _{Tab}	[mm]	Šířka tabule
t	[mm]	Tloušťka materiálu
v	[mm]	Střížná vůle
V _N	[Kč]	Variabilní náklady
V _r	[-]	Koeficient výrobní režie
α	[°]	Úhel rohu ve kterém se nachází rádius
α _p	[°]	Velikost úhlu zkoseného přidržovače
Δ _o	[mm]	Tolerance otvoru
δ _{pei}	[mm]	Tolerance střížnice pro určité rozměry
δ _{pki}	[mm]	Tolerance střížníku pro určité rozměry
Δ _v	[mm]	Tolerance výstřižku
λ	[-]	Součinitel zaplnění pracovního diagramu
μ _{mA,B}	[%]	Ekonomické využití materiálu varianty nástřihového plánu A nebo B
π	[-]	Ludolfovo číslo
ρ _m	[kg · m ⁻³]	Měrná hmotnost materiálu
σ ₃	[MPa]	Přídavné tlakové napětí
σ _{d5}	[Mpa]	Napětí v nejmenším střížníku
σ _{divO}	[Mpa]	Dovolené napětí v ohybu
σ _{dov}	[Mpa]	Dovolené napětí v tlaku pro ocel 19 436
σ _n	[MPa]	Normálová složka tlakové napjatosti
σ _o	[Mpa]	Dovolenné napětí pro ocel
σ _{o8}	[Mpa]	Otlačení při kontrolovaném průměru 8 mm
τ _s	[MPa]	Střížný odpor

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 příklady produktů přesného stříhání	- 9 -
Obr. 2 sestava motoru s držákem	- 10 -
Obr. 3 vyráběná součást	- 10 -
Obr. 4 plasmový hořák	- 12 -
Obr. 5 materiál řezaný laserovým paprskem	- 12 -
Obr. 6 hlava pro řezání vodním paprskem	- 13 -
Obr. 7 průběh stříhu	- 13 -
Obr. 8 porovnání kvality střížné plochy	- 13 -
Obr. 9 princip přistřihování	- 14 -
Obr. 10 zaoblení funkčních hran	- 14 -
Obr. 11 schéma stříhání se zkoseným přidržovačem	- 14 -
Obr. 12 proces přesného stříhání s tlačnou hranou	- 15 -
Obr. 13 schéma přesného stříhání s tlačnou hranou	- 16 -
Obr. 14 schéma napjatostí	- 16 -
Obr. 15 pásmo plastické deformace	- 16 -
Obr. 16 kvalita stříhu	- 17 -
Obr. 17 tvary tlačné hrany	- 17 -
Obr. 18 průběhy tlačných hran	- 18 -
Obr. 19 umístění tlačných hran	- 18 -
Obr. 20 vliv střížné mezery na průběh křivky stříhu	- 19 -
Obr. 21 velikost střížných vůlí	- 19 -
Obr. 22 stanovování rozměrů střížníku a střížnice	- 19 -
Obr. 23 síly působící při přesném stříhání s tlačnou hranou	- 20 -
Obr. 24 průběh střížné síly a práce během stříhu	- 20 -
Obr. 25 nahrazení pracovního diagramu půlelipsou	- 21 -
Obr. 26 schéma střížných nástrojů	- 21 -
Obr. 27 druhy čel střížníků	- 22 -
Obr. 28 tvary střížníků pro pevné upínání	- 22 -
Obr. 29 tvary střížníků pro rychlé upínání	- 22 -
Obr. 30 vnitřní tvary střížnic	- 23 -
Obr. 31 možnosti upnutí vložkových střížnic	- 23 -
Obr. 32 přitlačná deska s tlačnou hranou	- 24 -
Obr. 33 válcový vyhazovač	- 24 -
Obr. 34 schéma hydraulického lisu	- 25 -
Obr. 35 způsoby uspořádání výstřížků	- 26 -
Obr. 36 změna konstrukce pro jednodušší výrobu	- 26 -
Obr. 37 vyráběná součást	- 27 -
Obr. 38 nomogramy pro určení technologických parametrů výstřížku	- 27 -
Obr. 39 hodnoty určovaných parametrů	- 28 -
Obr. 40 hospodárné využití nástrojů	- 28 -
Obr. 41 konstrukce tlačných hran s rozměry	- 28 -
Obr. 42 umístění tlačné hrany	- 29 -
Obr. 43 umístění můstků a postranních odpadů	- 30 -
Obr. 44 rozdělení tabule plechu na pásy	- 31 -
Obr. 45 nástřihové plány	- 31 -
Obr. 46 znázornění tolerancí střížníku a střížnice pro vystřihování	- 34 -
Obr. 47 rozměry nástrojů při vystřihování	- 35 -
Obr. 48 znázornění tolerancí střížníku a střížnice pro děrování	- 35 -
Obr. 49 rozměry nástrojů pro při děrování	- 36 -
Obr. 50 řez střížným nástrojem	- 39 -
Obr. 51 střížný nástroj v sevření	- 40 -
Obr. 52 lis feintool hfa 8800plus	- 41 -
Obr. 53 zobrazení bodu zvratu	- 44 -

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Znázornění principu nástrojů pro přesné stříhání s tlačnou hranou

Příloha 2 – Konstrukční parametry pro přesné stříhání s tlačnou hranou

Příloha 3 – Rozměry tlačných hran

Příloha 4 – Diagramy pro stanovení sil

Příloha 5 – Ekonomické využití materiálu

Příloha 6 – Tolerance pro určení výrobních rozměrů střížníků a střížnic

Příloha 7 – Sestava střížného nástroje

SEZNAM VÝKRESŮ

2015-Y153030-00 - Výkres sestavy střížného nástroje

2015-Y153030-01 - Výrobní výkres střížnice

2015-Y153030-02 - Výrobní výkres střížníku výstřížku

2015-Y153030-03 - Výrobní výkres střížníku otvoru

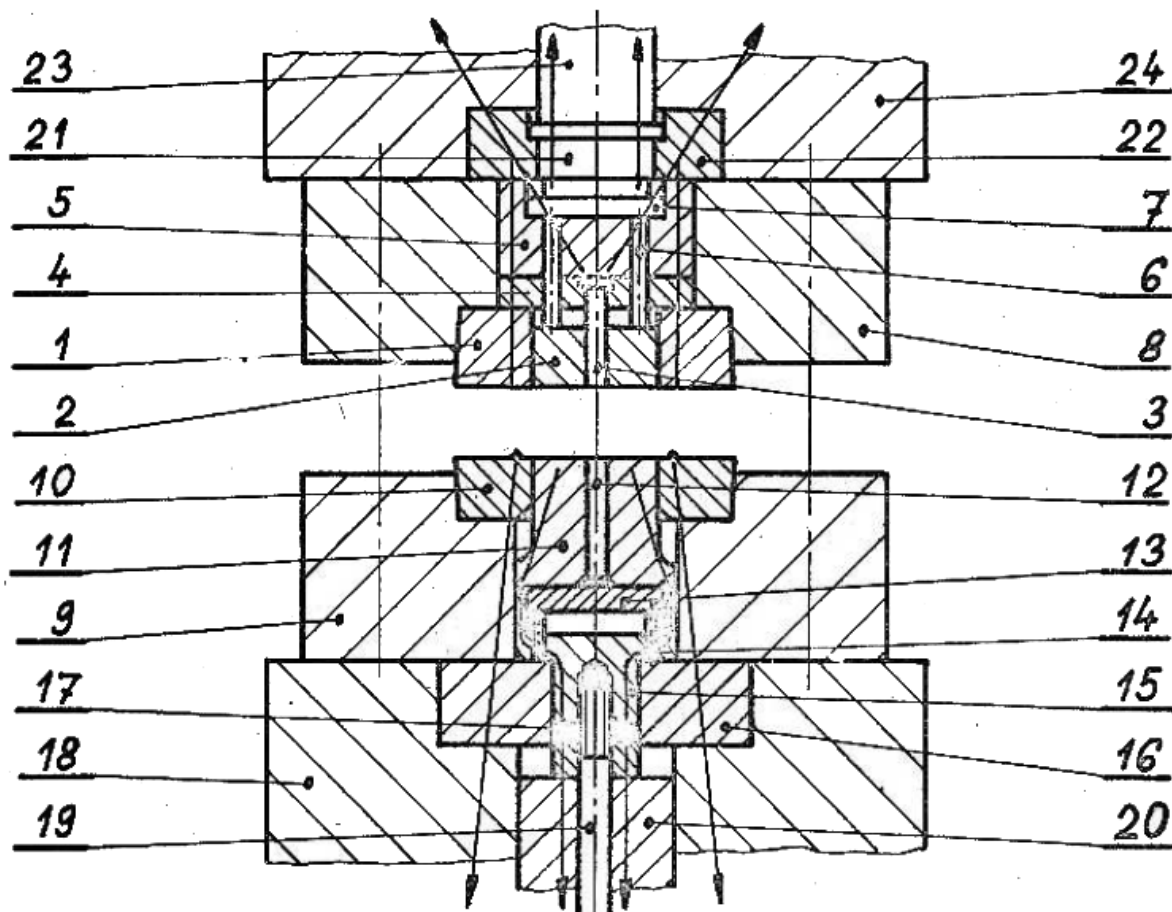
2015-Y153030-04 - Výrobní výkres střížníku Ø5

2015-Y153030-05 - Výrobní výkres střížníku Ø9

2015-Y153030-06 - Výrobní výkres držáku válce

Příloha 1 Znázornění principu nástrojů pro přesné stříhání s tlačnou hranou [41] (1/2)

Nástroj pro přesné stříhání s tlačnou hranou s pohyblivým střížníkem a pevnou přítlačnou deskou.



Horní část nástroje:

1. střížnice
2. vyhazovač
3. děrovací střížník
4. kotevní deska
5. podložka
6. tlačný kolík
7. vyhazovací kroužek
8. upínací deska vod. stoj.

Spodní část lisu:

16. tlakový opěrný kroužek
17. stavěcí tlakový kroužek
18. stůl lisu
19. upevňovací šroub
20. beran lisu

Spodní část nástroje:

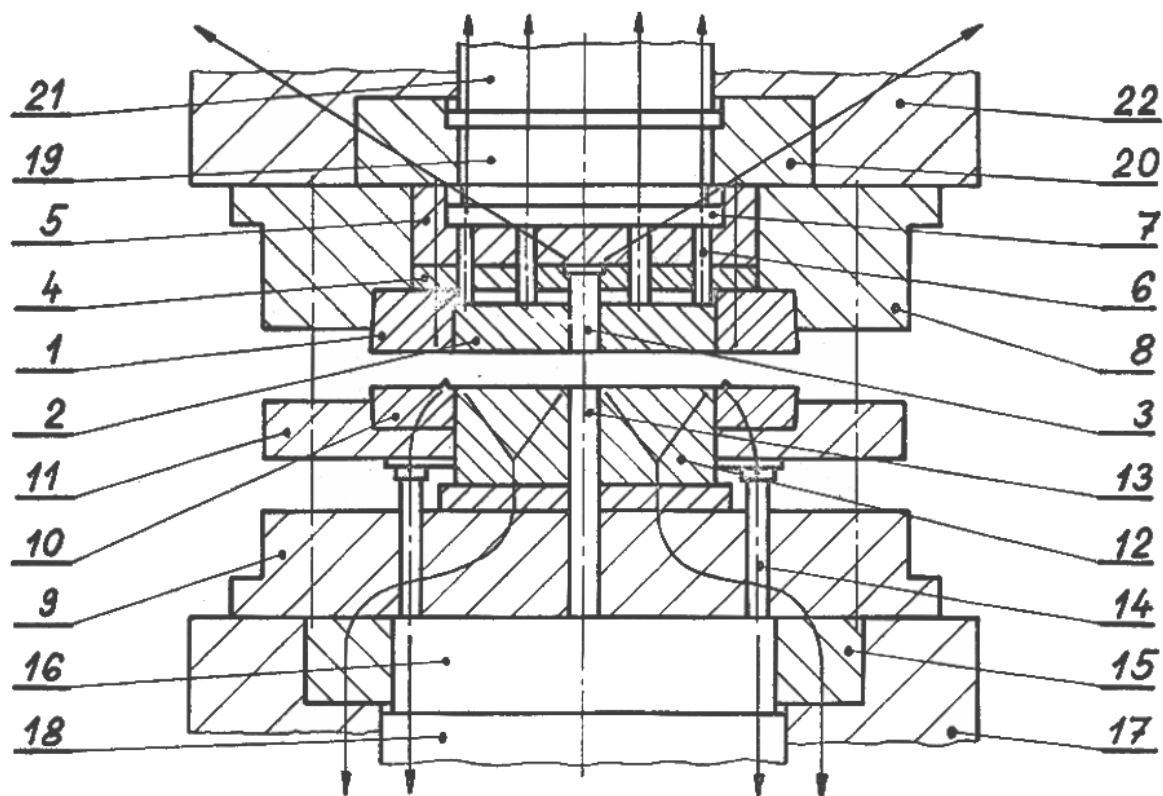
9. základová deska vod. stoj.
10. přítlačná deska
11. tvarový střížník
12. vyrážecí
13. vyrážecí lišta
14. tlačný kolík
15. držák střížníku

Horní část lisu:

21. tlačná vložka
22. tlakový opěrný kroužek
23. hydraulický píst pro pretitlak
24. stůl lisu

Příloha 1 Znázornění principu nástrojů pro přesné stříhání s tlačnou hranou [41] (2/2)

Nástroj pro přesné stříhání s tlačnou hranou s pevným střižníkem a pohyblivou přítlačnou deskou.



Horní část nástroje:

1. střižnice
2. vyhazovač
3. děrovací střižník
4. kotevní deska
5. podložka
6. tlačný kolík
7. vyhazovací kroužek
8. upínací deska vod. stoj.

Spodní část lisu:

15. tlakový opěrný kroužek
16. stavěcí tlakový kroužek
17. stůl lisu
18. hydraulický píst pro lisovací sílu

Spodní část nástroje:

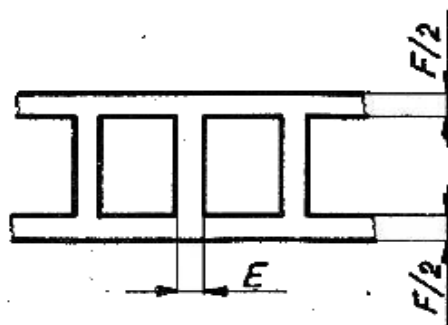
9. základová deska vod. stoj.
10. přítlačná deska
11. vodící deska
12. tvarový střižník
13. vyrážec
14. tlačný kolík

Horní část lisu:

19. tlačná vložka
20. tlakový opěrný kroužek
21. hydraulický píst pro protitlak
22. stůl lisu

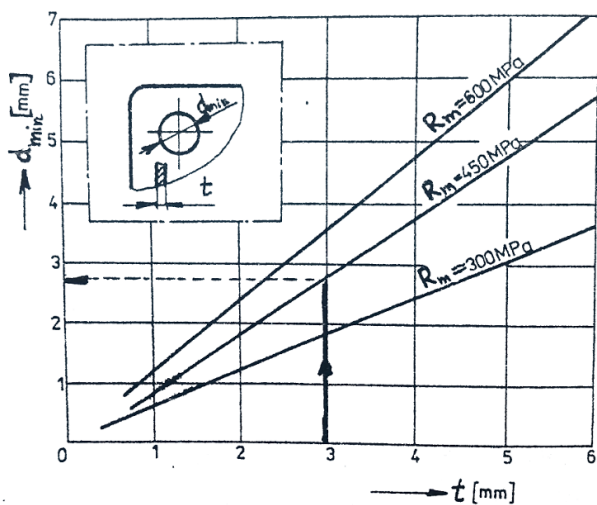
Velikost můstku a okrajů plechu pro přesné stříhání s tlačnou hranou

Tloušťka mat. /mm/	E /mm/	F /mm/	Tloušťka mat. /mm/	E /mm/	F /mm/
0,5	2	3	6,0	8	14
0,8	3	3,5	7,0	9	15
1,0	3	4	8,0	10	16
1,2	3,5	4	9,0	11	17
1,5	4	5	10,0	12	18
2,0	4,5	6	12,5	15	20
2,5	5	8	15,0	18	25
3,0	5,5	9	16,5	22	28
3,5	6	10	18,0	23	32
4,0	6,5	11	20,0	25	35
5,0	7	12			

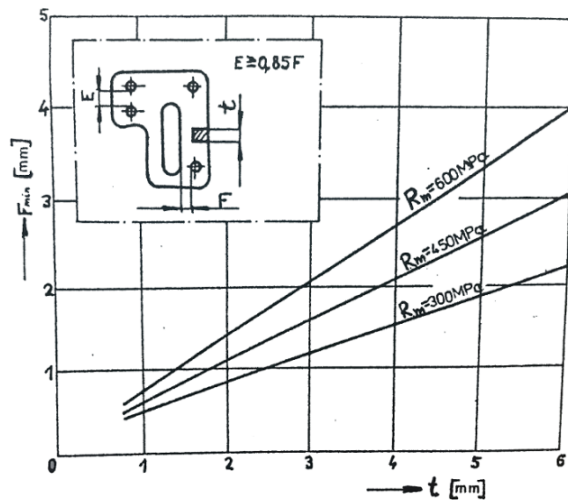


Orientační velikost střížné vůle pro některé tloušťky materiálů

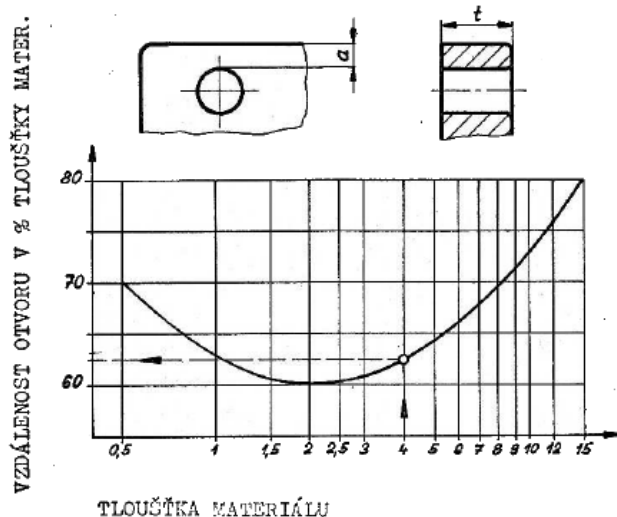
Tloušťka mat./mm/	Střížná vůle /mm/	Tloušťka mat./mm/	Střížná vůle /mm/	Tloušťka mat./mm/	Střížná vůle /mm/
0,5	0,003	2,5	0,013	6,5	0,033
0,8	0,004	3,0	0,015	7,0	0,035
1,0	0,005	3,5	0,018	7,5	0,038
1,2	0,006	4,0	0,02	8,0	0,04
1,5	0,008	4,5	0,023	8,5	0,043
1,8	0,009	5,0	0,025	9,0	0,045
2,0	0,01	5,5	0,028	9,5	0,048
2,2	0,011	6,0	0,03	10,0	0,05



Určení minimálního průměru otvoru

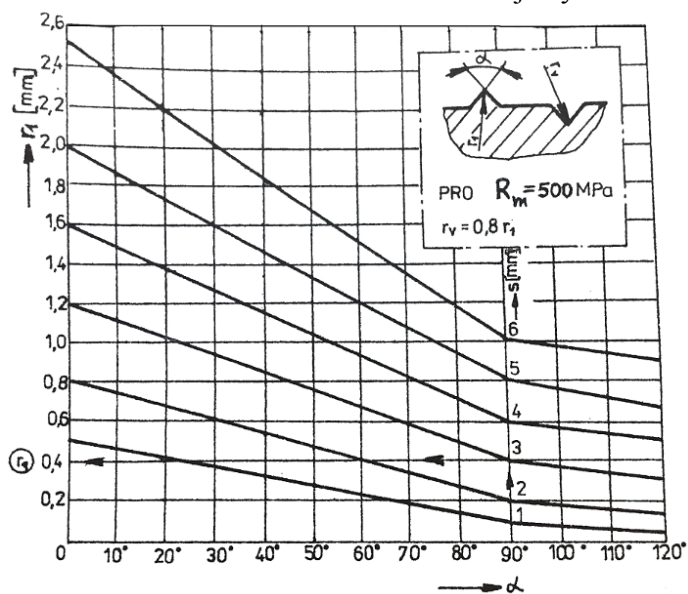


Minimální vzdálenost mezi otvory



TLOUŠŤKA MATERIÁLU

Minimální vzdálenost otvoru od okraje výstřižku

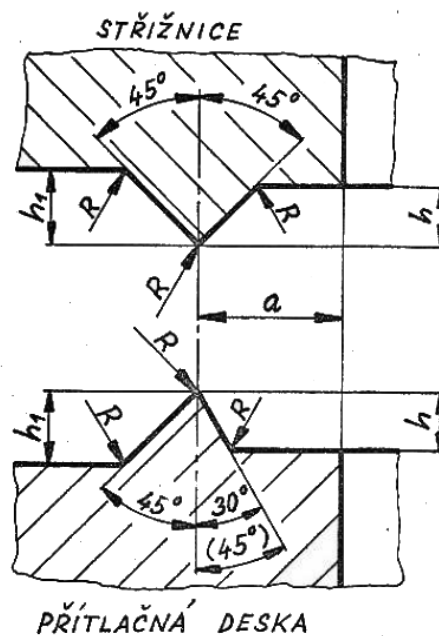


Určení poloměrů rohů a hran

Příloha 3 Rozměry tlačných hran [41]

Rozměry tlačných hran

TLoušťka materiálu	a	h	h ₁	R
[mm]				
0,5	0,5	0,2	0,25	0,04
0,8	0,6	0,25	0,3	0,05
1,0	0,7	0,3	0,35	0,06
1,2	0,8	0,3	0,35	0,06
1,5	1	0,35	0,4	0,07
1,8	1,2	0,4	0,45	0,08
2,0	1,4	0,4	0,45	0,08
2,2	1,5	0,4	0,45	0,08
2,5	1,75	0,4	0,45	0,08
3,0	2,1	0,45	0,5	0,09
3,5	2,5	0,45	0,5	0,09
4,0	2,8	0,5	0,55	0,1
4,5	3,2	0,5	0,55	0,1
5,0	3,7	0,55	0,6	0,11
5,5	4,0	0,6	0,65	0,12
6,0	4,2	0,6	0,65	0,12
6,5	4,4	0,65	0,7	0,13
7,0	4,6	0,65	0,7	0,13
7,5	4,8	0,7	0,75	0,14
8,0	5,0	0,7	0,75	0,14
8,5	5,25	0,7	0,75	0,14
9,0	5,5	0,8	0,85	0,16
9,5	5,75	0,8	0,85	0,16
10'0	6,0	0,85	0,9	0,17



Příloha 4 Diagramy pro stanovení sil [8]

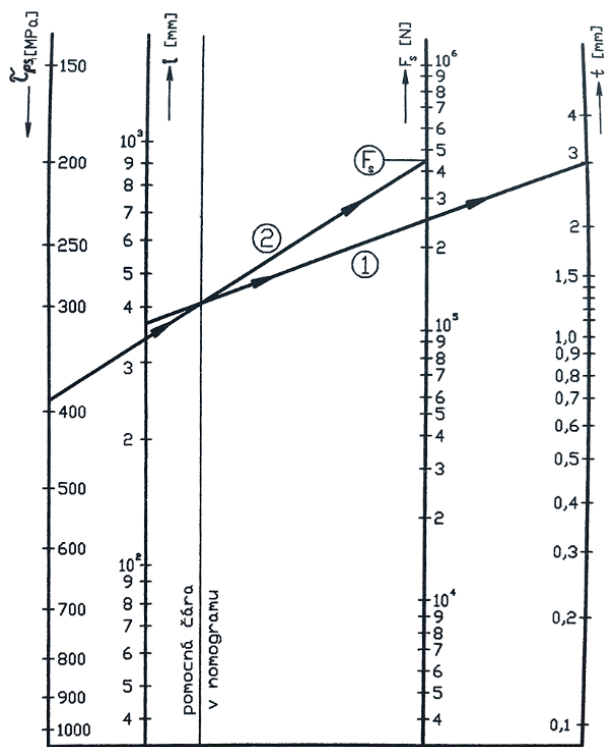


Diagram k určení střížné síly

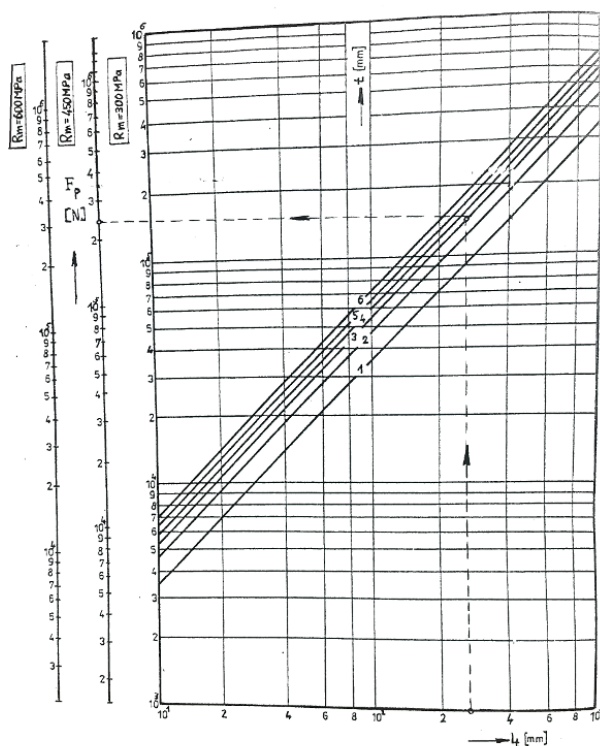


Diagram k určení přidržovací síly

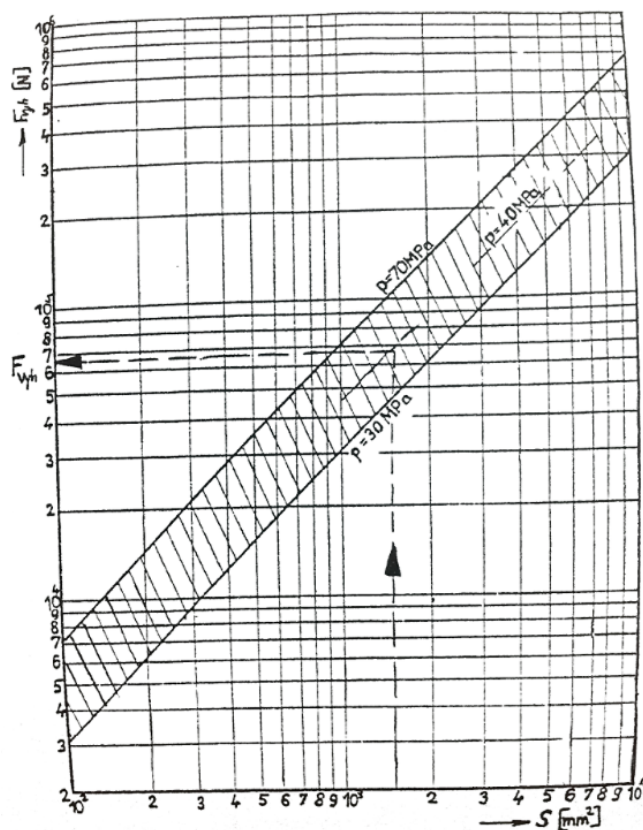


Diagram ke stanovení vyhazovací síly

Příloha 5 Ekonomické využití materiálu

Ekonomické využití materiálu pro variantu A nástřihového plánu

Horizontální rozdělení tabule						
Rozměry tabule	S _{Tab}	[mm]	1000 x 2000	1250 x 2500	1500 x 3000	2000 x 6000
Šířka tabule	Š _{Tab}	[mm]	1 000	1 250	1 500	2 000
Šířka pásu	Š _{pas}	[mm]	109,0	109,0	109,0	109,0
Délka tabule	D _{Tab}	[mm]	2 000	2 500	3 000	6 000
Krok	K	[mm]	119,0	119,0	119,0	119,0
Počet pásů z tabule	n _{P_{Tab}}	[ks]	9	11	13	18
Počet výstřížků z jednoho pásu	n _{V_{Pas}}	[ks]	16	20	25	50
Počet výstřížků z celé tabule	n _{V_{Tab}}	[ks]	144	220	325	900
Počet tabulí pro celou sérii	n _{C_{Tab}}	[ks]	1389	910	616	223
Plocha výstřížků z jedné tabule	S _{V_{Tab}}	[mm ²]	867 121,92	1 324 769,60	1 957 046,00	5 419 512,00
Ekonomické využití materiálu	μ _{mA}	[%]	43,36%	42,39%	43,49%	45,16%
Vertikální rozdělení tabule						
Rozměry tabule	S _{Tab}	[mm]	1000 x 2000	1250 x 2500	1500 x 3000	2000 x 6000
Šířka tabule	Š _{Tab}	[mm]	2 000	2 500	3 000	6 000
Šířka pásu	Š _{pas}	[mm]	109,0	109,0	109,0	109,0
Délka tabule	D _{Tab}	[mm]	1 000	1 250	1 500	2 000
Krok	K	[mm]	119,0	119,0	119,0	119,0
Počet pásů z tabule	n _{P_{Tab}}	[ks]	18	22	27	55
Počet výstřížků z jednoho pásu	n _{V_{Pas}}	[ks]	8	10	12	16
Počet výstřížků z celé tabule	n _{V_{Tab}}	[ks]	144	220	324	880
Počet tabulí pro celou sérii	n _{C_{Tab}}	[ks]	1389	910	618	228
Plocha výstřížků z jedné tabule	S _{V_{Tab}}	[mm ²]	867 121,92	1 324 769,6	1 951 024,3	5 299 078,4
Ekonomické využití materiálu	μ _{mA}	[%]	43,36%	42,39%	43,36%	44,16%

Příloha 6 – Tolerance pro určení výrobních rozměrů střížníků a střížnic [39], [42] (1/2)

Tabulka pro určení tolerancí rozměrů bez tolerance dle DIN ISO 2768 - MK

Připustné odchylky v mm se pohybuje v jmenovité délky	F (fine)	Toleranční třída určení (popis)		V (velmi hrubý)
		M (medium)	c (hrubá)	
0,5 až 3	± 0,05	± 0,1	± 0,2	-
po dobu 3 až 6	± 0,05	± 0,1	± 0,3	± 0,5
více než 6 až 30	± 0,1	± 0,2	± 0,5	± 1,0
více než 30 až 120	± 0,15	± 0,3	± 0,8	± 1,5
více než 120 až 400	± 0,2	± 0,5	± 1,2	± 2,5
více než 400 až 1000	± 0,3	± 0,8	± 2,0	± 4,0
přes 1000 do 2000	± 0,5	± 1,2	± 3,0	± 6,0
přes 2000 do 4000	-	± 2,0	± 4,0	± 8,0

Tabulka tolerancí součástí dle ČSN EN ISO 286-1

Stupeň přesnosti		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Základní tolerance		IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
Rozsah rozměru		Tolerance (µm)															
nad	do																
1	3	1,5	2	3	4	5	7	9	14	25	40	60	90	140	250	400	600
3	6	1,5	2	3	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	1,5	2	3	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	1,5	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	1,5	2	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	2	3	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	3	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	4	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Příloha 6 – Tolerance pro určení výrobních rozměrů střížníků a střížnic [39], [42] (1/2)

Tabulka výrobních tolerancí střížníku a střížnice dle ČSN 22 6015

Rozměry v mm

Tolerance součástky TS		Připustná míra opotřebení P	Výrobní tolerance	
od	do		Střížnice - TE	Střížníku - TA
0,020	0,025	0,020	0,007	0,004
0,025	0,030	0,025	0,008	0,005
0,030	0,035	0,030	0,009	0,006
0,035	0,040	0,035	0,011	0,008
0,040	0,045	0,040	0,013	0,009
0,045	0,050	0,045	0,016	0,011
0,050	0,060	0,050	0,019	0,013
0,060	0,070	0,060	0,022	0,015
0,070	0,080	0,070	0,025	0,018
0,080	0,090	0,080	0,029	0,020
0,090	0,100	0,090	0,032	0,023
0,100	0,120	0,100	0,036	0,025
0,120	0,140	0,110	0,036	0,025
0,140	0,160	0,120	0,040	0,027
0,160	0,180	0,140	0,043	0,030
0,180	0,200	0,160	0,054	0,035
0,200	0,220	0,170	0,063	0,040
0,220	0,240	0,180	0,072	0,046
0,240	0,260	0,200	0,081	0,052
0,260	0,280	0,220	0,089	0,057
0,280	0,300	0,230	0,089	0,057
0,300	0,320	0,250	0,100	0,062
0,320	0,350	0,270	0,100	0,062
0,350	0,370	0,290	0,120	0,074
0,370	0,400	0,310	0,120	0,074
0,400	0,430	0,330	0,140	0,087
0,430	0,460	0,350	0,140	0,087
0,460	0,500	0,380	0,155	0,100
0,500	0,530	0,410	0,160	0,100
0,530	0,560	0,430	0,160	0,100
0,560	0,600	0,460	0,190	0,120
0,600	0,650	0,500	0,190	0,120
0,650	0,700	0,540	0,220	0,140
0,700	0,750	0,580	0,220	0,140
0,750	0,800	0,620	0,250	0,160
0,800	0,900	0,680	0,250	0,160
0,900	1,000	0,760	0,290	0,185
1,000	1,200	0,880	0,320	0,210
1,200	1,400	1,000	0,360	0,230
1,400	více	1,200	0,400	0,250

